



TUGAS AKHIR - TL 141584

SIMULASI DAN ANALISIS TEGANGAN PENGGEROLAN RIM VELG TRUK DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

GREGGY PRAISVITO ROMADHONI
NRP. 2713 100 099

Dosen Pembimbing
Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. Rochman Rochiem, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - TL141584

SIMULASI DAN ANALISIS TEGANGAN PENGEROLAN RIM VELG TRUK DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Greggy Praisvito Romadhoni
NRP 2713 100 099

Dosen Pembimbing :
Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. Rochman Rochiem, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL141584

SIMULATION AND ANALYSIS OF STRESS ROLLING PROCESS RIM WHEEL TRUCK WITH FINITE ELEMENT METHOD

Greggy Praisvito Romadhoni
NRP 2713 100 099

Advisor :
Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. Rochman Rochiem, M.Sc.

DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALURGI ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Metalurgi Manufaktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

GREGGY PRAISVITO ROMADHONI

NRP. 2713 100 099

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., Ph.D... (Pembimbing I)

Ir. Rochman Rochiem, M.Sc... (Pembimbing II)



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

SIMULASI DAN ANALISIS TEGANGAN Pengerolan RIM VELG TRUK DENGAN METODE Elemen HINGGA

Nama Mahasiswa : Gregggy Praisvito Romadhoni
NRP : 2713 100 099
Departemen : Teknik Material FTI-ITS
Dosen Pembimbing: Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. Rochman Rochiem, M.Sc.

ABSTRAK

Velg atau rim adalah tempat melekatnya ban pada kendaraan bermotor yang terbuat dari logam. Pada proses pembuatan atau manufaktur velg atau rim dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu dengan casting atau secara pengerolan dan khususnya pada proses rolling akan menimbulkan tegangan pada velg, dan besar kecilnya tegangan dan bagaimana persebarannya salah satunya dipengaruhi oleh material atau bahan yang digunakan sehingga akan berpengaruh pada performa velg nantinya.

Dalam hal pemilihan material dapat menjadi perhatian besar bagi para produsen velg untuk memproduksi velg yang memiliki distribusi tegangan yang baik dikarenakan setiap material mempunyai sifat mekanik yang berbeda dan akan berpengaruh besar pada bagian rim selama proses pengerolan, sehingga dapat diperoleh velg dengan kualitas yang baik dan mampu bersaing di pasar internasional. Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan velg truk yang di produksi oleh PT. Autokorindo Pratama Indonesia

Pada penelitian ini bertujuan menganalisis stress atau tegangan yang terjadi pada proses pengerolan velg dan pengaruh tegangan saat proses pengerolan velg pada material yang berbeda menggunakan metode elemen hingga. Dari hasil simulasi ditemukan adanya konsentrasi tegangan serta

didapatkan tegangan maksimum yang terjadi saat proses pengerolan velg sebesar 544 Mpa dan semakin keras sifat mekanik suatu material akan berpengaruh pada semakin besarnya tegangan yang terjadi pada proses pengerollan sehingga semakin tinggi kemungkinan terjadinya crack

Kata kunci: Material, Rim, Velg Truk, Stress , Metal Forming, Rolling Process. Metode Elemen Hingga

SIMULATION AND ANALYSIS OF STRESS ROLLING PROCESS RIM WHEEL TRUCK WITH FINITE ELEMENT METHOD

Name : Gregggy Praisvito Romadhoni
NRP : 2713 100 099
Department : Material Engineering FTI-ITS
Advisor : Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., Ph.D
Ir. Rochman Rochiem, M.Sc.

Abstract

Velg or rim is a place of tires attached to motorized vehicles made of metal. In the manufacturing process or manufacturing wheel or rim can be divided into two types, namely by casting or rolling and especially on the rolling process will cause stress on the wheels, and the value of the stress and how the spread one of which is influenced by the material used so that it will affect performance of the wheels later.

In the case of material selection it can be of great concern for wheel producers to produce alloy wheels with good stress distribution because each material has different mechanical properties and will have a big effect on the rim during the rolling process, so it can be obtained wheels with good quality and capable competing in the international market. In this final project of research using truck wheels which are produced by PT. Autokorindo Pratama Indonesia

In this study aims to analyze the stress that occurs in the rolling process velg and the effect of stress when rolling wheels on different materials using finite element method. From the

simulation results found the stress concentration and obtained the maximum stress that occurs when the rolling wheel 544 Mpa and the harder the mechanical properties of a material will affect the greater the stress that occurs in the rolling process so that the higher the possibility of crack

Keywords: Material, Rim, Wheels Truck, Stress, Metal Forming, Rolling Process, Finite Element Method

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat atas rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir serta menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul **“Simulasi dan Analisis Tegangan Pengerolan Rim Velg Truk dengan Metode Elemen Hingga”**. Laporan tugas akhir ini dibuat dengan tujuan untuk melengkapi Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dari seluruh pihak, laporan ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ini mengucapkan terimakasih pada beberapa pihak yang memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, yaitu diantaranya :

1. Kedua orang tua, dan keluarga yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, semangat, cinta kasih, motivasi.
2. Bapak Mas Irfan P. Hidayat, ST., M.Sc., PhD, dan bapak Ir Rochman Rochiem, M.Sc selaku dosen pembimbing tugas akhir yang membimbing penulis dalam mengerjakan laporan tugas akhir dari awal hingga akhir dan memberikan banyak ilmu terkait tugas akhir yang dikerjakan oleh penulis.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
4. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, ST., M.Sc. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
5. Ibu Dian Mughni F, ST., M.Sc. selaku dosen wali yang mengayomi selama penulis menjalani pendidikan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi.
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang telah membimbing penulis hingga terciptanya laporan ini.

7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi angkatan 2013, 2014, dan 2015.
8. Serta seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terimakasih atas dukungan dan bantuan teman-teman sekalian.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada seluruh pihak yang membaca. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam menulis laporan tugas akhir ini, sehingga penulis menerima kritik dan saran yang dapat membangun serta memperbaiki kekurangan demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, 20 Juli 2017

Penulis,

Greggy Praisvito Romadhoni

2713100099

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya	3
2.2 Baja AISI 1018.....	5
2.3 Baja SS400	6
2.4 Baja ASTM A299	6
2.5 Konsep Tegangan Regangan Material	7
2.6 Sifat Mekanik Material	7
2.7 Proses <i>Roll-Bending</i>	8
2.8 <i>Wheel</i>	10
2.8.1 Teori Dasar Kerja <i>Wheel</i>	10
2.8.2 <i>Rim Nomenclature</i>	11
2.9 Metode Elemen Hingga	12
2.9.1 Teori Elemen Hingga	12
2.9.2 ANSYS <i>Software</i>	18
2.9.2.1 <i>Preferences</i>	18
2.9.2.2 <i>Pre-Processor</i>	18

2.9.2.3	<i>Solution</i>	19
2.9.2.4	<i>General Post-Processor</i>	20

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Spesifikasi Material Penelitian	22
3.2.1	Material Penelitian	22
3.2.2	Geometri Penelitian	23
3.2.2.1	Geometri <i>Raw Material</i>	23
3.2.2.2	Geometri <i>Roller</i>	25
3.3	Peralatan Penelitian	30
3.4	Prosedur Penelitian	30
3.4.1	Permodelan <i>Rolling Rim Velg Truk</i>	31
3.4.2	Penentuan <i>Elemen Type</i>	32
3.4.3	Material Properties.....	33
3.4.4	<i>Meshing</i>	34
3.4.5	<i>Boundary Condition</i>	35
3.4.6	Tipe Pembebanan.....	35
3.4.7	Tipe Analisis	35
3.4.8	Validasi Penelitian	36
3.5	Langkah Penelitian.....	36
3.6	Variabel Penelitian.....	37
3.7	Rancangan Penelitian.....	38

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Desain Pengerolan	39
4.2	Tegangan Pada Simulasi	40
4.3	Simulasi Material SS400.....	40
4.4	Simulasi Material AISI 1018	55
4.5	Simulasi Material ASTM A299	69
4.6	Perbandingan Hasil Simulasi	82

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	93
5.2	Saran	93

DAFTAR PUSTAKA	xxiii
BIODATA PENULIS	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perpotongan dan Dimensi dari <i>Wheel Rim</i>	3
Gambar 2.2	Mesin Rol.....	4
Gambar 2.3	FEM model dari tahap pertama roll forming dari <i>wheel rim</i>	5
Gambar 2.4	Ilustrasi Proses Tiga <i>Roll Bender</i>	9
Gambar 2.5	Tahap-tahap <i>rolling plate</i> dengan menggunakan empat roller bender	10
Gambar 2.6	<i>Tubeless steel wheel</i>	11
Gambar 2.7	<i>Rim-Nomenclature</i>	12
Gambar 2.8	Elemen Bar dengan Dua <i>Nodes</i>	13
Gambar 2.9	Dua Elemen Bar yang Dijepit Kedua Ujung Tepi dengan Diberi Gaya Sebesar P di <i>node</i> kedua.	15
Gambar 2.10	Prosedur Metode Elemen Hingga	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Percobaan	22
Gambar 3.2	Tampak Depan <i>Raw Material</i> 6.00.....	24
Gambar 3.3	Tampak Penuh dari Raw Material 6.00	25
Gambar 3.4	Tampak <i>Roller Atas</i> 6.00	26
Gambar 3.5	Tampak <i>Roller Bawah</i> 6.00	27
Gambar 3.6	Tampak <i>Roller Depan</i> 6.00.....	28
Gambar 3.7	Tampak <i>Roller Belakang</i> 6.00	29
Gambar 3.8	Diagram Alir Permodelan	30
Gambar 3.9	<i>Preference</i>	32
Gambar 3.10	<i>Element Type</i>	33
Gambar 3.11	Material Properties.....	34
Gambar 3.12	Hasil <i>Meshing Material</i>	34
Gambar 4.1	<i>Step</i> Pertama Simulasi Proses Pengerolan	39
Gambar 4.2	<i>Step</i> Akhir Simulasi Proses Pengerolan.....	40
Gambar 4.3	Konsentrasi Tegangan pada Proses <i>Press</i>	41
Gambar 4.4	Material SS400 saat di <i>Press</i>	41
Gambar 4.5	Grafik Tegangan Material SS400 saat di <i>Press</i>	42
Gambar 4.6	Material SS400 saat Awal Rotasi	44
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 di <i>Press</i> dan Awal Rotasi.....	45

Gambar 4.7	Material SS400 saat Rotasi 1	46
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat di Awal Rotasi dan 1	47
Gambar 4.9	Grafik Tegangan pada <i>Node 7617</i> SS400.....	47
Gambar 4.10	Material SS400 saat Rotasi 2	49
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat 1 dan 2	53
Gambar 4.12	Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat Simulasi	53
Gambar 4.13	Grafik <i>Stress Maximum</i> SS400 pada Simulasi	54
Gambar 4.14	Grafik <i>Stress Minimum</i> SS400 pada Simulasi	54
Gambar 4.15	Material AISI 1018 saat di <i>Press</i>	56
Gambar 4.16	Tegangan Material AISI 1018 saat <i>Pressing</i> dan Rotasi	58
Gambar 4.17	Tegangan Material AISI 1018 saat Awal Rotasi dan 1	59
Gambar 4.18	Grafik Tegangan <i>Node 7617</i> AISI 1018.....	60
Gambar 4.19	Tegangan Material AISI 1018 saat Rotasi 1 dan 2	62
Gambar 4.20	Material ASTM AISI 1018 saat Satu Putaran..	62
Gambar 4.21	Grafik <i>Stress</i> Material AISI 1018 pada Simulasi	64
Gambar 4.22	Grafik <i>Stress Max</i> Material AISI 1018 pada Simulasi.....	65
Gambar 4.23	Grafik <i>Stress Minimum</i> Material AISI 1018 pada Simulasi	65
Gambar 4.24	Material ASTM A299 saat di <i>Press</i>	67
Gambar 4.25	Grafik Tegangan Material ASTM A299 pada <i>Pressing</i>	68
Gambar 4.26	Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat <i>Pressing</i> dan Awal <i>Rotasi</i>	70
Gambar 4.27	Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat Awal Rotasi dan 1	71
Gambar 4.28	Grafik Tegangan Material ASTM A299 pada <i>Node 7616</i>	71

Gambar 4.29	Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat Rotasi 1 dan 2	74
Gambar 4.30	Material ASTM A299 saat Rotasi 1	74
Gambar 4.31	Grafik Tegangan pada Material ASTM A299 saat Simulasi	76
Gambar 4.32	Grafik <i>Stress Max</i> ASTM A299 pada Simulasi.	77
Gambar 4.33	Grafik <i>Stress Minimum</i> ASTM A299 pada Simulasi	77
Gambar 4.34	Grafik <i>Stress</i> pada Material saat <i>Pressing</i>	79
Gambar 4.35	Grafik Rata -Rata <i>Stress</i> pada Material saat <i>Pressing</i>	80
Gambar 4.36	Grafik <i>Stress</i> pada Material saat Awal Rotasi	82
Gambar 4.37	Grafik Rata – Rata <i>Stress</i> pada Material saat Awal Rotasi	82
Gambar 4.38	Grafik <i>Stress</i> pada Material saat Rotasi 1	84
Gambar 4.39	Grafik Rata – Rata <i>Stress</i> pada Material saat Rotasi 1	87
Gambar 4.40	Grafik <i>Stress</i> pada Material saat Rotasi 2	81
Gambar 4.41	Grafik Rata – Rata <i>Stress</i> pada Material saat Rotasi 2	87

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia Baja AISI 1018	5
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Baja SS400	6
Tabel 2.3	Komposisi Kimia Baja ASTM A299	7
Tabel 3.1	Sifat Mekanik Baja SS400	22
Tabel 3.2	Sifat Mekanik Baja AISI 1018.....	23
Tabel 3.3	Sifat Mekanik Baja ASTM A299.....	24
Tabel 3.4	Pembebanan	35
Tabel 3.5	Tabel Rancangan Penelitian.....	38
Tabel 4.1	Tegangan pada <i>Press</i> dan Awal Rotasi.....	42
Tabel 4.2	Tegangan pada Awal Rotasi dan 1	47
Tabel 4.3	Tegangan pada 1 dan 2	50
Tabel 4.4	Tegangan Material SS400 pada Simulasi	52
Tabel 4.5	Tegangan pada <i>Press</i> dan Awal Rotasi.....	57
Tabel 4.6	Tegangan pada Awal Rotasi dan 1	59
Tabel 4.7	Tegangan pada Rotasi 1 dan 2	61
Tabel 4.8	Tegangan Material AISI 1018 pada Simulasi	64
Tabel 4.9	Tegangan pada ASTM A299 saat <i>Press</i> dan Awal Rotasi.....	69
Tabel 4.10	Tegangan ASTM A299 saat Awal Rotasi dan 1	71
Tabel 4.11	Tegangan ASTM A299 saat Rotasi 1 dan 2	73
Tabel 4.12	Tegangan ASTM A299 saat Simulasi.....	76
Tabel 4.13	Perbandingan <i>Stress</i> pada Material saat <i>Press</i>	79
Tabel 4.14	Perbandingan <i>Stress</i> pada Material saat Awal Rotasi	81
Tabel 4.15	Perbandingan <i>Stress</i> pada Material saat Rotasi 1	84
Tabel 4.16	Perbandingan <i>Stress</i> pada Material saat Rotasi 2	86

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Velg atau rim adalah tempat melekatnya ban pada kendaraan bermotor yang terbuat dari logam. Pada proses pembuatan atau manufaktur velg atau rim dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu dengan casting dan *rolling*. Pada proses *rolling* akan menimbulkan tegangan pada velg, dan besar kecilnya tegangan serta bagaimana persebarannya salah satunya dipengaruhi oleh material atau bahan yang digunakan sehingga akan berpengaruh pada performa velg nantinya. Dalam hal pemilihan material dapat menjadi perhatian besar bagi para produsen velg untuk memproduksi velg yang memiliki distribusi tegangan yang baik dikarenakan setiap material mempunyai sifat mekanik yang berbeda dan akan berpengaruh besar pada bagian rim selama proses pengerolan, sehingga dapat diperoleh velg dengan kualitas yang baik dan mampu bersaing di pasar internasional. PT Autokorindo Pratama Indonesia adalah perusahaan yang memproduksi velg truk sejak 1995 yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Perusahaan ini menggunakan proses *rolling* untuk memproduksi lebih dari 600.000 velg truk tiap tahunnya.

Metode elemen hingga adalah salah satu alat atau prosedur numerik untuk mendapatkan solusi untuk banyak masalah yang dihadapi dalam analisa rekayasa. Pada analisis ini roda velg atau rim yang dibuat dengan bahan-bahan seperti paduan aluminium, paduan baja, *stainless steel* dan magnesium *alloy* digunakan sesuai dengan analisa perhitungan kelelahan serta kekuatan velg atau rim. Analisa yang dilakukan pada laporan ini dilakukan pada proses manufaktur velg khususnya pada proses pengerolan untuk mengetahui persebaran tegangan atau *stress* yang terjadi pada velg sehingga akan mempengaruhi performa velg tersebut. Analisa tegangan ini menggunakan program atau aplikasi ANSYS.



BAB I PENDAHULUAN

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana *stress* atau tegangan yang terjadi saat proses pengerolan velg ?
2. Bagaimana pengaruh *stress* atau tegangan yang terjadi saat proses pengerolan velg pada material yang berbeda ?

1.3 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah dan asumsi agar penelitian tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar :

1. Kondisi operasi diasumsikan mengikuti standar yang ada.
2. Kondisi material diasumsikan *homogen*, bebas cacat dan sesuai dengan standar yang ada
3. Tegangan sisa akibat hasil manufaktur material diasumsikan tidak ada
4. Metode pengerasan yang digunakan *bilinier isotropic*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini, antara lain :

1. Menganalisa *stress* atau tegangan yang terjadi pada proses pengerolan velg
2. Menganalisa pengaruh *stress* atau tegangan yang terjadi pada proses pengerolan velg dengan material yang berbeda ?

1.5 Manfaat Penelitian

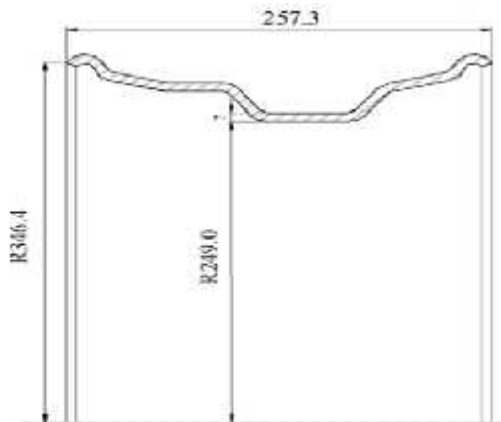
Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah mengaplikasikan ilmu material dan metalurgi yang telah dipelajari di bangku perkuliahan untuk menjadi dasar penelitian ini, dan memberikan rekomendasi kepada perusahaan agar dapat memberikan rekomendasi material yang dapat digunakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

(Fang, Gao, & Zhang, 2015) Menunjukkan perpotongan axisimetris pada velg roda truk yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Untuk pembentukan *wheel rim*, plat yang berbentuk lembaran mengalami proses *winding* dan *welding* untuk diubah menjadi sebuah bentuk seperti cincin, serta mengalami proses *flaring* di kedua ujungnya sebelum dilakukan proses *rolling* melewati 3 langkah pembentukan roll. Proses *finishing* akan dilakukan sebagai langkah akhir. Pada penelitian yang dilakukan proses *winding*, *welding* dan *finishing* akan diabaikan, karena akan fokus pada *flaring* dan proses pembentukannya.



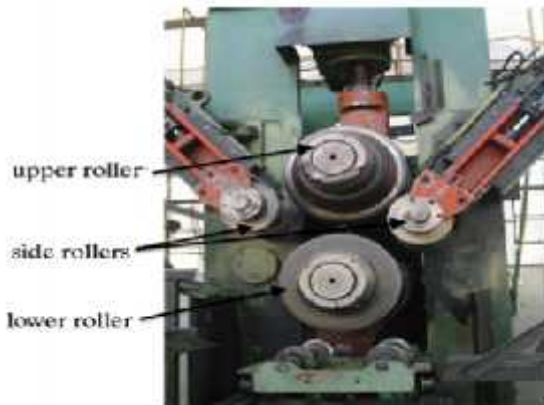
Gambar 2.1. Perpotongan dan Dimensi dari *Wheel Rim* (mm) (Gang Fang, 2015)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

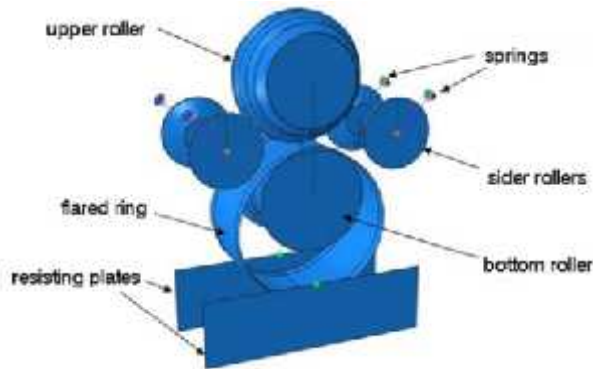
Mempertimbangkan kompleksitas pada *profile* nya, *wheel rim* harus terbentuk melalui 3 tahapan pengerolan yang terdiri dari *upper roller*, *the lower roller*, dan *side roller* seperti pada Gambar 2.2 . Rol pembentuk *profile* memiliki bentuk *convex* pada bagian atas dan *concave* pada bagian bawah

Sebagai permulaan, plat dengan ujung yang telah dipanaskan (*end-flared*) dan berbentuk cincin (*ring-shape*) diletakkan pada *lower roller*. Ketika proses pengerolan dimulai, *lower* dan *upper roller* berotasi. Kemudian, *lower roller* bergerak naik menuju *upper roller*. Ketika plat berbentuk cincin di himpit oleh *lower* dan *upper roller*, plat ikut berotasi oleh gaya friksi dengan kecepatan yang



Gambar 2.2 Mesin Rol (Gang Fang, 2015)

sama seperti *lower roller*. *Side roller* ditekan pada plat untuk menghindari guncangan serta ayunan.



Gambar 2.3 FEM model dari tahap pertama *roll forming* dari *wheel rim* (Gang Fang, 2015)

2.2 Baja AISI 1018

AISI 1018 adalah baja karbon rendah yang memiliki mampu las yang sangat baik dan dalam beberapa kasus dianggap sebagai baja terbaik untuk bagian *carburized*. Baja AISI 1018 baja karbon rendah yang menawarkan keseimbangan yang baik dari segi ketangguhan, kekuatan dan *ductilities*.

Kontrol manufaktur khusus digunakan mulai dari persiapan permukaan, komposisi kimia, hingga proses rolling dan pemanasan. Semua proses ini untuk mengembangkan produk kualitas tertinggi yang cocok untuk proses fabrikasi seperti pengelasan, penempaan, pengeboran, mesin *cold drawing* dan perlakuan panas. Komposisi kimia dari baja AISI 1018 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja AISI 1018

Komposisi Kimia (%)			
C	S	P	Mn
0.14 – 0,2	0.05	0.04	0.6 – 0,9



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.3 Baja SS 400

SS400, SS di sini bukan kepanjangan dari stainless steel tapi "*structural steel*". SS 400/ JIS G3101/ASTM A36 adalah baja umum (*mild steel*) dimana komposisi kimianya hanya karbon (C), *Manganese* (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S) dan Posfor (P) yang dipakai untuk aplikasi struktur/konstruksi umum (*general purpose structural steel*) misalnya untuk jembatan (*bridge*), pelat kapal laut, *oil tank*, dll. SS 400/ JIS G3101 sama dengan DIN: St37-2, ASTM: A283C. Baja SS 400/ JIS G3101/ASTM A36 tidak dapat di keraskan (*hardening*) atau dengan perlakuan panas (*heat treatment*) melalui proses *quench and temper*. Material ini hanya bisa dikeraskan melalui pengerasan permukaan (*surface hardening*) seperti karburisasi (*carburizing*), *nitriding* atau *carbonitriding*, dimana kekerasan permukaan bisa mencapai 500 *Brinell* (kira-kira 50 HRC) pada kedalaman permukaan 10 hingga 20 mikron tergantung parameter proses.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Baja SS400

Komposisi Kimia (%)			
C	S	P	Si
0.26	0.05	0.04	0.4

2.4 Baja ASTM A299

Baja ASTM A299 adalah *manganese, silicon carbon steel* Berdasarkan komposisi C, Mn, dan Si material ASTM A299 yang lebih tinggi Kandungan mangan dalam baja karbon sering digunakan untuk meningkatkan kedalaman pengerasan dan meningkatkan kekuatan dan ketangguhan material

ASTM A299 memiliki 2 macam standar yaitu ASTM A299 *grade A* dan ASTM A299 *grade B* yang masing – masing mempunyai perbedaan dalam sifat mekanik. Baja ASTM A299 banyak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan pengelasan ataupun pembentukan secara *rolling* seperti *pressure vessel*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Baja ASTM A299

Komposisi Kimia (%)				
C	S	P	Si	Mn
0.3	0.04	0.035	0.15-0.04	0.9 – 1.5

2.5 Konsep Tegangan Regangan Material

Tegangan () didefinisikan sebagai beban per satuan luas dan untuk spesimen uji tarik

Regangan adalah perubahan panjang per satuan panjang Dimana l_0 adalah panjang awal sedangkan l adalah panjang spesimen setelah mendapat beban

2.6 Sifat Mekanik Material

1. *Modulus Young*

Modulus young adalah ukuran besarnya hambatan suatu material terhadap elastisitas (dapat dipulihkan) perubahan bentuk dibawah beban. Suatu material getas mempunyai *modulus young* tinggi dan berubah bentuknya sedikit di bawah beban elastis, sedangkan suatu material ulet mempunyai *modulus young* yang rendah dan berubah bentuknya dengan sangat mudah. Suatu material kaku memerlukan beban tinggi untuk secara elastis mengubah bentuknya.

2. Tegangan Luluh

Kekuatan luluh adalah harga tegangan terendah dimana material mulai mengalami deformasi plastis. Deformasi plastis adalah perubahan bentuk material secara permanen jika bebannya di lepas. Kekuatan luluh ditetapkan sebagai harga tegangan yang jika dilepas akan menghasilkan perpanjangan yang tetap sebesar 0,2% panjang semula.

3. Kekuatan Tarik Maksimum (UTS)

Kekuatan maksimum atau kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegangan regangan.



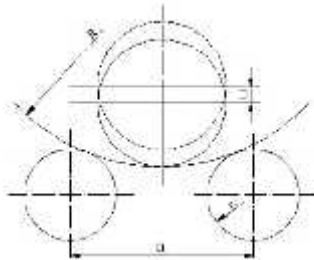
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

4. Ketangguhan (*Toughness*)
Ketangguhan adalah kemampuan atau kapasitas bahan untuk menyerap energi sampai patah.
5. Kepadatan (*Density*)
Kepadatan (*Density*) adalah suatu ukuran berapa berat suatu benda untuk ukuran yang ditentukan, yaitu *massa* material setiap satuan volume
6. *Poisson Ratio*
Poisson Ratio adalah konstanta elastisitas yang dimiliki oleh setiap material dalam kata lain adalah rasio atau perbandingan antara regangan *transversal* (tegak lurus) terhadap regangan *longitudinal* pada saat mengalami tegangan *aksial*, baik tarik maupun tekan, di dalam kondisi elastis.

2.7 Proses *Roll-Bending*

Pengerolan bentuk pada ruang temperatur (*cold shape rolling*) dapat dilakukan dengan material pada permukaan plat dengan berbagai macam penampang (*cross section*). Dikarenakan penampang material berkurang secara tidak seragam, desain pada sebuah rangkaian rol membutuhkan pengalaman yang cukup untuk menghindari *defect internal* dan *eksternal*, menahan toleransi dimensi, dan mengurangi keausan rol (Kalpakjian, 2009).

Dalam proses pengerolan rim untuk memproduksi *multi-piece rim*, proses *metal forming* yang terlibat adalah proses *rolling* dan *bending* yang diakibatkan oleh interaksi plat material dengan mold rol. Ada dua jenis proses *roll-bending* yang umumnya digunakan yaitu, proses tiga rol dan proses empat rol. Kedua proses rol tersebut dibedakan dengan jumlah rol pembentuk yang berjumlah tiga buah dan empat buah roll (J.Haou, Z Luo, J.T Dong, 2011).



Gambar 2.4 Ilustrasi Proses Tiga *Roll Bender* (J.Haou, Z Luo, 2011)

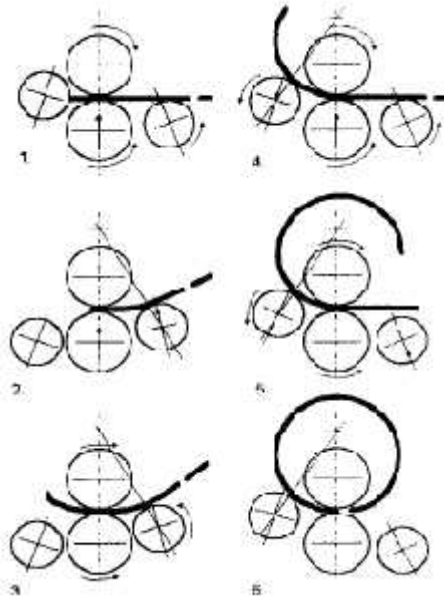
Proses tiga rol yang terdiri dari rol atas dan dua rol bawah dilakukan dengan memberikan *plate* yang diumpankan ke bagian *roller* bawah *roller* dan *roll* atas membantu memberikan *bending* terhadap terhadap *plate* dengan mengatur posisi antara *roll* atas dengan *plate*. Ketika *plate* melewati *roller* bawah, *roller* atas akan memberikan *bending* terhadap *plate*, sehingga setelah keluar dari daerah *roller* atas *plate* telah terbebtuk, untuk menghindari efek *spring-back* *roller* belakang dipasangkan. *Plate* dapat membentuk *full cylinder* di akhir proses. Proses pembentukan *plate* silinder dapat dilihat pada Gambar 2.4. dimana a adalah jarak antar *roll* bawah, R adalah radius *plate* yang diinginkan, r_a dan r_b adalah *radius* dari *roll* bawah.

Proses empat *roll bender* merupakan proses yang digunakan dalam aplikasi pembentukan rim velg *truck*. Prinsip kerja dari empat *roller bender* memberikan kelebihan berupa sirkulasi pengerolan yang lebih lancar, serta proses ini juga mengurangi biaya material sisa, meningkatkan produktifitas dan fleksibilitas daripada proses tiga *roll bender* (M. Hua, D.H. Sansome, K.P. Rao & K. Baines, 1994).



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Proses pengerolan *plate* terdiri dari beberapa tahap :(i) Pengaturan ujung tepi (*edge setting*) (ii) Proses *bending* oleh *roll* depan (iii) Proses *continuous rolling* oleh *roll* depan , atas dan bawah (iv) Proses *continuous* dengan bergabungnya *roll* belakang (v)(vi) proses *continuous rolling* untuk memenuhi bentuk silinder



Gambar 2.5 Tahap-tahap rolling plate dengan menggunakan empat roller bender (M. Hua, D.H. Sansomeb, 1994)

2.8 Wheels

2.8.1 Teori Dasar Kerja Wheel

Ban bekerja sebagai sebuah roda hanya setelah di pasangkan pada rim; pemasangan ban dan roda mempengaruhi fungsi serta performa pada kendaraan. Ban di desain dan di manufaktur untuk menyesuaikan sebuah rim yang biasa dipakai dan ketika di pasangkan pada rim yang tepat ban akan bekerja sesuai tingkatan yang diharapkan. Tidak perlu dijelaskan bawah



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

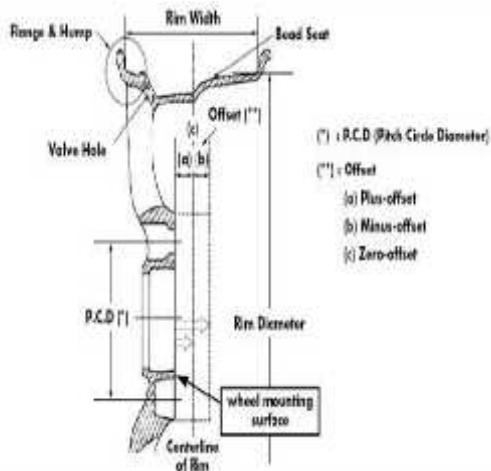
umur pakai sebuah ban akan berkurang jika di pasang pada rim yang tidak sesuai. Rim tersebut sesungguhnya merupakan sebutan untuk bagian silindris dimana ban dipasang. Sebuah roda merupakan sebutan untuk mengelompokkan antara rim dan plat *disk*. Ketika plat *disk* dalam keadaan *fix* didalam silindris, pemasangan ini menjadi sebuah roda. (P. Meghashyam, S. Girivardhan Naidu, 2013)



Gambar 2.6 *Tubeless steel wheel* (Ping Lu, 2015)

2.8.2 Rim Nomenclature

1. *Wheel*: *Wheel* adalah nama umum yang terdiri rim dan disk
2. *Rim*: Bagian dimana ban dipasang
3. *Disk*: Bagian dalam rim dimana akan terhubung dengan rim melalui hub
4. *Offset*: Bagian ini adalah space diantara roda dimana hub dan disk terpasang
5. *Flange*: *Flange* adalah bagian dari rim yang berfungsi menahan kedua sisi ban
6. *Hump*: Ini adalah tonjolan yang terdapat di daerah rim untuk mencegah ban tergelincir dari rim saat kendaraan bergerak
7. *Well*: bagian ini berfungsi untuk memasang dan melepas ban pada rim,



Gambar 2.7 Rim-Nomenclature (P. Meghashyam, 2013)

2.9 Metode Elemen Hingga

2.9.1 Teori Metode Elemen Hingga

Finite Element Method atau metode elemen hingga adalah sebuah metode yang memiliki ide untuk membagi objek yang kompleks menjadi blok-blok atau elemen sederhana, atau membagi objek yang kompleks menjadi pecahan pecahan kecil yang lebih mudah dikelola yang disebut elemen (J.N. Reddy, 1993). *Finite Element Method* (FEM) disebut juga *Finite Element Analysis* (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (*engineering*), seperti analisa tegangan pada struktur, frekuensi pribadi dan mode *shape*-nya, perpindahan panas, *elektromagnetis*, dan aliran *fluida* (S-Moaveni, 1999). Pada dasarnya analisa metode elemen hingga biasanya dapat dilakukan dengan menganalisa elemen 1-D, elemen 2-D, atau elemen 3-D. Untuk elemen 1-D sebagai contoh adalah elemen *spring*, *trust*, *beam*, pipa, untuk

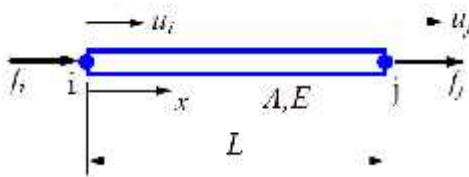


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

elemen 2-D sebagai contoh adalah elemen *membrane*, pelat, dan *shell*, untuk elemen 3-d dapat berupa elemen *solid*.

Berikut akan diturunkan sebuah contoh sederhana dari sebuah perhitungan bar untuk menghitung tegangan di dalam bar, dalam penurun ini bersifat linear statis analisis dimana material memiliki sifat deformasi yang kecil, material bersifat elastis, dan beban yang statis.

Perhitungan analisis linear dapat memberikan banyak informasi mengenai sifat dari struktur, dan dapat menjadi pendekatan dari berbagai macam analisis. Analisis *linear* juga dapat menjadi dasar untuk menghitung kasus *non-linear*. Pada gambar 2.8 terdapat gambar sebuah elemen bar yang akan dianalisis berdasarkan metode elemen hingga.



Gambar 2.8 Elemen Bar dengan Dua *Nodes* (i,j) (Yijun liu, 2003)

A = Luas area tegak lurus

L = Panjang

E = Modulus Elastisitas

U = Perpindahan

ϵ = Regangan

Hubungan *strain- displacement*

$$\epsilon = \frac{d}{L} \quad (2.3)$$

Hubungan *stress- strain*

$$\sigma = E\epsilon \quad (2.4)$$

Mengasumsi bahwa perpindahan berjalan *linear* terhadap sumbu axis



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

$$u(x) = \left(1 - \frac{x}{L}\right)u + \frac{x}{L}u \quad (2.5)$$

$$\varepsilon = \frac{u - u}{L} = \frac{\Delta}{L} \quad (2.6)$$

$$\sigma = E \varepsilon = \frac{E\Delta}{L} \quad (2.7)$$

Dengan menghubungkan rumus tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.8)$$

Menggabungkan Persamaan (2.6) dan Persamaan (2.6) menjadi

$$F = \frac{E}{L} \Delta = k\Delta \quad (2.9)$$

Dengan menganalogikan sifat dari bar dengan sifat kekakuan pegas maka didapatkan

$$k = \frac{E}{L} \quad (2.10)$$

Apabila ditulis di dalam persamaan matriks maka nilai beban(F) memiliki fungsi

$$\frac{E}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u \\ u \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f \\ f \end{Bmatrix} \quad (2.11)$$

Untuk mendapatkan persamaan tegangan, persamaan perlu mendefinisikan persamaan linear berupa;

$$N(\xi) = 1 - \xi \quad N(\xi) = \xi \quad (2.12)$$

Dimana ;

$$\xi = \frac{x}{L} \quad 0 \leq \xi \leq 1 \quad (2.13)$$

Sehingga Persamaan (2.1) dapat ditulis menjadi :

$$u(x) = u(\xi) = N(\xi)u + N(\xi)u \quad (2.14)$$

Persamaan (2.14) dapat dibuat menjadi lebih sederhana



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

$$u = [N \quad N] \begin{Bmatrix} u \\ u \end{Bmatrix} = N \quad (2.15)$$

Memasukan Persamaan (2.1) kedalam persamaan (2.15) sehingga,

$$\epsilon = \frac{cd}{cd} = \left[\frac{cd}{cd} N \right] u = B \quad (2.14)$$

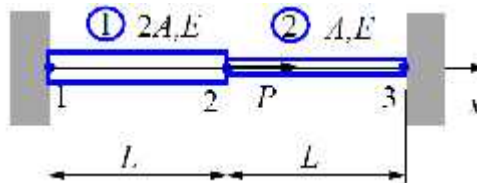
B adalah elemen dari matrik perpindahan regangan, yang berinlai

$$B = \left[-1/L \quad 1/L \right] \quad (2.15)$$

Sehingga nilai tegangan dapat dituliskan menjadi

$$\sigma = E \epsilon = EB \quad (2.16)$$

Berikut ini akan dihitung tegangan dari sebuah sistem bar sederhana yang dijepit pada kedua ujungnya dijepit



Gambar 2.9 Dua Elemen Bar yang Dijepit Kedua Ujung Tepi dengan Diberi Gaya Sebesar P di *node* kedua (Yijun liu, 2003)

Mendefinisikan matriks kekakuan di setiap elemen menggunakan Persamaan (2.11)

Elemen 1,

$$k_1 = \frac{2E}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad u_1 \quad u_2$$



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Elemen 2,

$$k1 = \frac{2E}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} u_3 & u_4 \end{matrix}$$

Membuat persamaan global dari persamaan elemen hingga

$$k2 = \frac{E}{L} \begin{bmatrix} 2 & -2 & 0 \\ -2 & 3 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u1 \\ u2 \\ u3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F1 \\ F2 \\ F3 \end{Bmatrix}$$

Dimana perpindahan(u) pada node 1 dan 3 adalah nol, dan F_2 bernilai P, sehingga didapatkan

$$\frac{E}{L} \begin{bmatrix} 2 & -2 & 0 \\ -2 & 3 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 0 \\ u2 \\ 0 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F1 \\ P \\ F3 \end{Bmatrix}$$

Membuat sederhana persamaan tersebut menjadi,

$$\frac{E}{L} [3] \{u2\} = \{P\}$$

Sehingga nilai U_2 ,

$$u2 = \frac{P}{3E}$$

Sehingga nilai perpindahan di masing-masing node

$$\begin{Bmatrix} u1 \\ u2 \\ u3 \end{Bmatrix} = \frac{P}{3E} \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Dari masing-masing perhitungan tersebut dapat dicari nilai dari tegangan di masing-masing elemen.

Stress pada elemen 1,

$$\sigma1 = E \epsilon1 = E \left[-\frac{1}{L} \quad \frac{1}{L} \right] \begin{Bmatrix} u1 \\ u2 \end{Bmatrix}$$

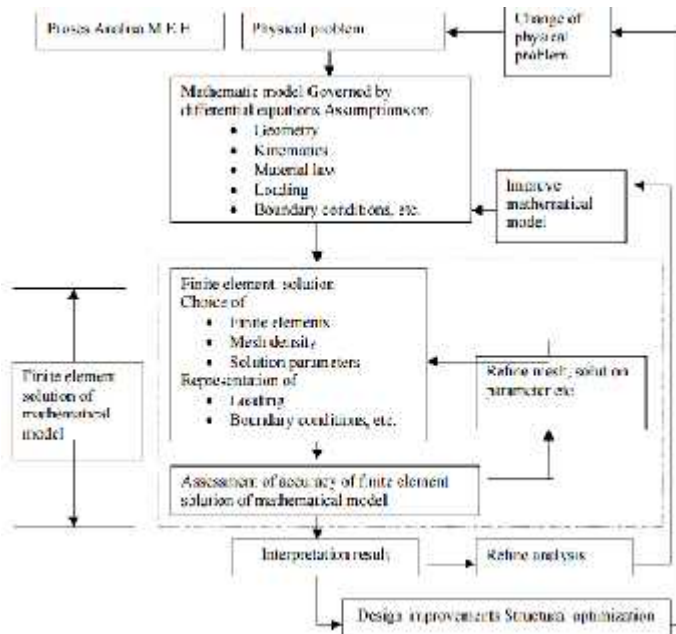


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

$$= E \frac{u_2 - u_1}{L} = \frac{E}{L} \left(\frac{P}{3E} - 0 \right) = \frac{P}{3A}$$

Stress pada elemen 2,

$$\sigma_2 = E \epsilon_2 = E \frac{u_3 - u_2}{L} = \frac{E}{L} \left(0 - \frac{P}{3E} \right) = -\frac{P}{3A}$$



Gambar 2.10 Prosedur Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga merupakan metode *numerik* dengan basis komputasi untuk memecahkan persoalan pada bidang *engineering*. Geometri akan dibagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil di mana masing-masing elemen *node* yang digunakan untuk mewakili nilai *variabel* (contohnya, temperatur, tegangan dan perpindahan panas) yang membawahi elemen fungsi



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

interpolasi (disebut juga fungsi aproksimasi). Persamaan matriks menjabarkan sifat-sifat setiap elemen. Hal tersebut ditentukan dengan menggunakan salah satu dari tiga pendekatan, yaitu; pendekatan langsung, pendekatan variasional. Setiap persamaan matriks digabungkan untuk menemukan persamaan sistem secara keseluruhan. Nilai nodal dari variabel lapangan dimasukkan pada persamaan sistem. Nilai nodal yang tidak diketahui dari masalah akan diperoleh dengan menyelesaikan persamaan sistem. Masalah teknik yang umum ditangani oleh Metode Elemen Hingga antara lain adalah: struktural, termal, aliran, listrik, magnet, kebisingan akustik dan lain - lain.

2.9.2. *Ansys Software*

ANSYS merupakan sebuah *software* berbasis *Finite Element Methods* yang dapat digunakan untuk analisa distribusi tegangan, temperatur, elektromagnetik, dll. ANSYS APDL adalah salah satu jenis *ANSYS parametric design language* dan dapat digunakan untuk membangun model dengan parameter tertentu (ANSYS HELP, 2009). ANSYS memiliki berbagai macam produk seperti *ANSYS Mechanical*, *ANSYS Workbench*, *ANSYS Fluent*, dan lain-lain. Pada penelitian tugas akhir ini produk yang digunakan adalah *ANSYS Mechanical APDL* dan *LS-Dyna* yang terintegrasi kedalam ANSYS

2.9.2.1. *Preferences*

Preferences adalah opsi didalam ANSYS untuk memberikan prioritas modul yang akan diselesaikan oleh *software* tersebut, Dalam opsi *preferences*, ANSYS didalamnya dapat dipilih opsi penyelesaian *structural*, *thermal*, ataupun *electromagnetic*. *Solver LS-Dyna* juga ada didalam *preferences*.

2.9.2.2. *Pre-Processor*

Pre-processing adalah langkah awal dalam melakukan simulasi dalam *software* ANSYS. *Pre-processing* adalah proses dimana semua data-data material didefinisikan, model geometri



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

material dibuat, fungsi-fungsi dari material didefinisikan. Berikut hal-hal yang umum dalam tahap *pre-processing*.

- A. *Modeling*: *Modeling* adalah proses membuat seluruh *geometri* yang dibutuhkan dalam proses simulasi, pada proses modeling, material dapat digambarkan dalam bentuk 2-D ataupun 3-D. Untuk benda bergeometri rumit, ANSYS memudahkan untuk memasukan CAD dari *software* lain misalnya CATIA dan SOLIDWORK.
- B. *Elemen type*: *elemen type* adalah proses untuk memberikan atribut atau bentukan dari benda yang kita gambar untuk dianalisa, misalnya material yang kita gambar berbentuk *solid*, *beam*, *shell*, dll. Tiap-tiap atribut atau bentukan akan berpengaruh pada langkah-langkah berikutnya dan analisa yang akan dilakukan
- C. *Material properties*: *Material properties* adalah proses untuk memberikan property material pada benda yang akan dianalisa, misalnya, densitas, modulus elastisitas dan lain-lain
- D. *Meshing*: *Meshing* adalah proses membagi benda yang akan dianalisa menjadi luasan-luasan/area-area kecil. *Meshing* adalah salah satu proses penting dalam proses FEM.

2.9.2.3. *Solution*

Langkah berikutnya dalam melakukan simulasi di dalam ANSYS adalah *solution*. Pada tahap ini proses FEM telah mendekati akhir, yaitu proses analisa dan perhitungan, ada beberapa hal yang biasanya didefinisikan dalam *solution*, sebagai berikut ;

- A. *Constrain* ; *Constrain* adalah proses untuk menentukan gaya yang akan bekerja pada benda yang akan kita analisa. Pada *constraints* derajat kebebasan benda yang akan dianalisa akan ditentukan.
- B. *Define Load* ; *Define load* pada opsi ini besarnya pembebanan dapat didefinisikan pada material
- C. *Solve* ; Untuk menyelesaikan simulasi yang sudah seluruhnya di definisikan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

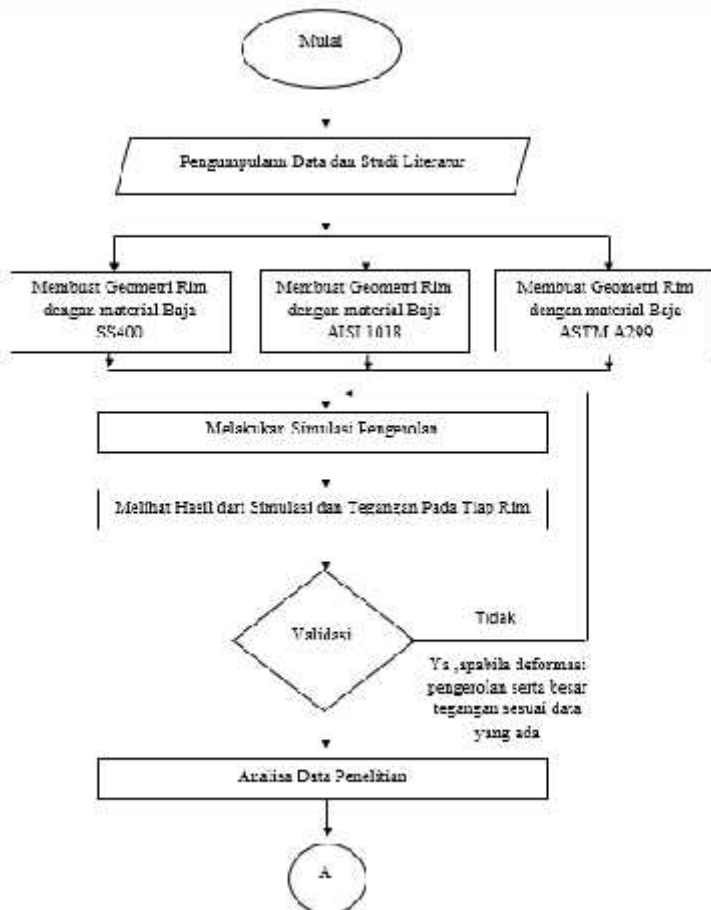
2.9.2.4. *General Post-Processor*

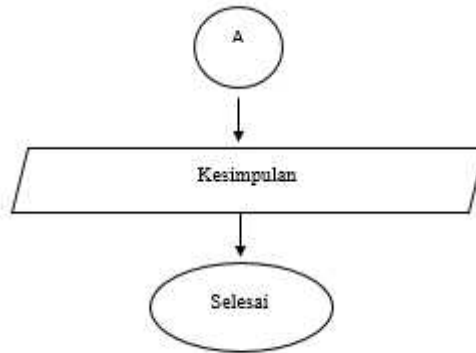
Setelah proses analisa oleh ANSYS seluruh hasil dari analisa dapat dilihat di *general post-processor* , data tersebut dapat dilihat dalam bentuk tabel maupun grafik. Animasi dari hasil analisa juga dapat ditampilkan didalam opsi ini.

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram Alir pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan

3.2. Spesifikasi Material Penelitian

3.2.1. Material Penelitian

Material yang digunakan untuk proses *rolling* adalah SS400, merupakan material yang didefinisikan oleh *standard* JIS G3101 dan di bandingkan dengan material baja AISI 1018 serta baja ASTM A299 dengan sifat mekanik pada Tabel 3.1 , 3.2 dan 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.1. Sifat Mekanik Baja SS400

Nama	Data
<i>Modulus Young</i>	2100000 Mpa
<i>Poisson Ratio</i>	0.29
<i>Density</i>	7800
<i>UTS</i>	700 Mpa
<i>Yield Strenght</i>	250 Mpa

**Tabel 3.2.** Sifat Mekanik Baja AISI 1018

Nama	Data
<i>Modulus Young</i>	2050000 Mpa
<i>Poisson Ratio</i>	0.29
<i>Density</i>	7850
<i>UTS</i>	634 Mpa
<i>Yield Strenght</i>	370 Mpa

Tabel 3.3 Sifat Mekanik Baja ASTM A299

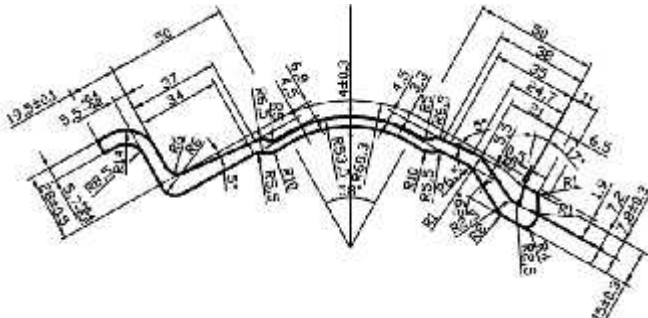
Nama	Data
<i>Modulus Young</i>	2000000 Mpa
<i>Poisson Ratio</i>	0.29
<i>Density</i>	7800
<i>UTS</i>	655 Mpa
<i>Yield Strenght</i>	275 Mpa

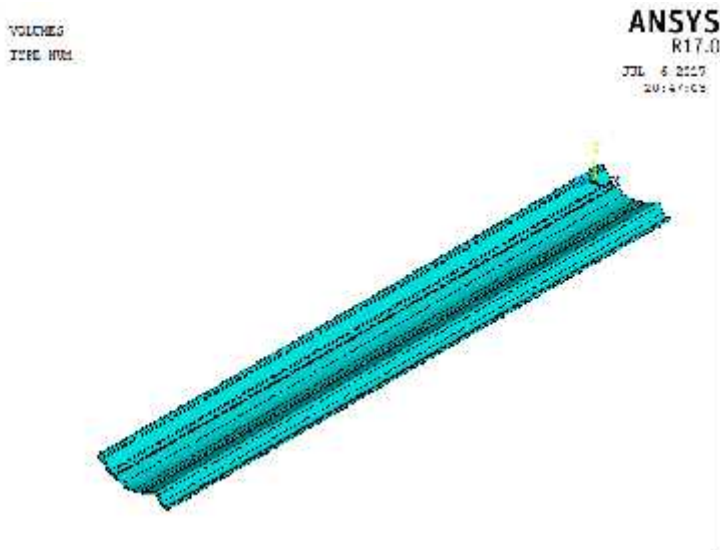
3.2.2. Geometri Penelitian

Geometri yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari geometri dari *raw material* dan geometri dari geometri dari empat jenis rol. Data geometri didapatkan dari studi lapangan yang diadakan di PT. Autokorindo Pratama.

3.2.2.1. Geometri *Raw Material*

Geometri *raw material* yang digunakan berjenis pelat yang memiliki *profile* bergelombang, *raw material* ini digunakan dalam proses pembentukan *base rim*.

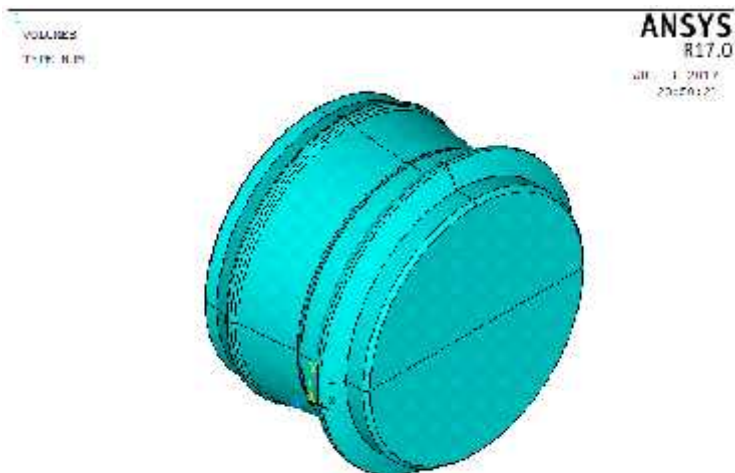
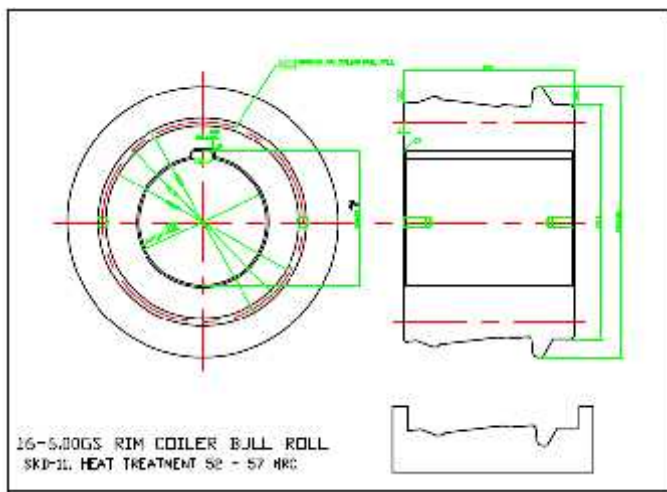




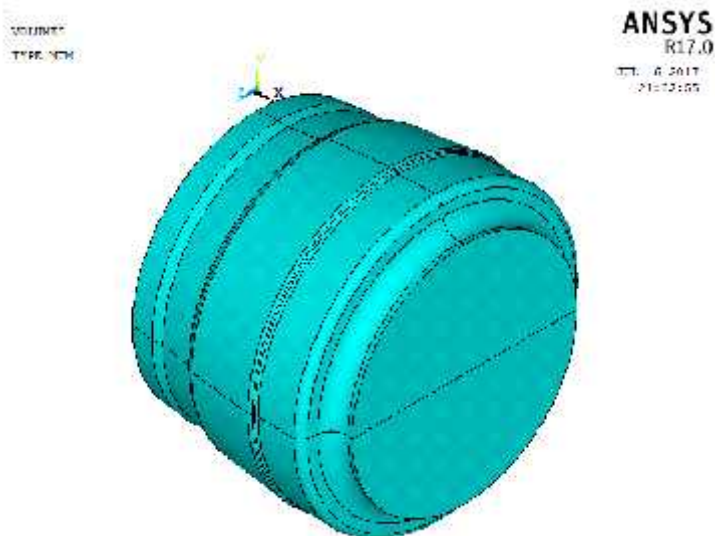
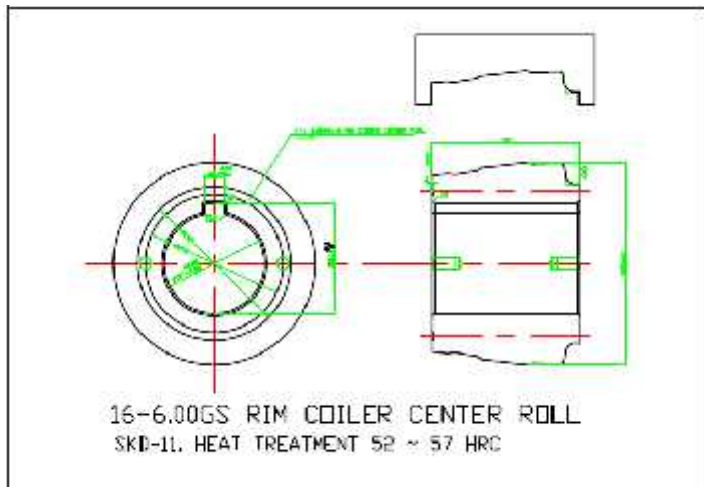
Gambar 3.3. Tampak Penuh dari *Raw Material* 6.00

3.2.2.2. Geometri Roller

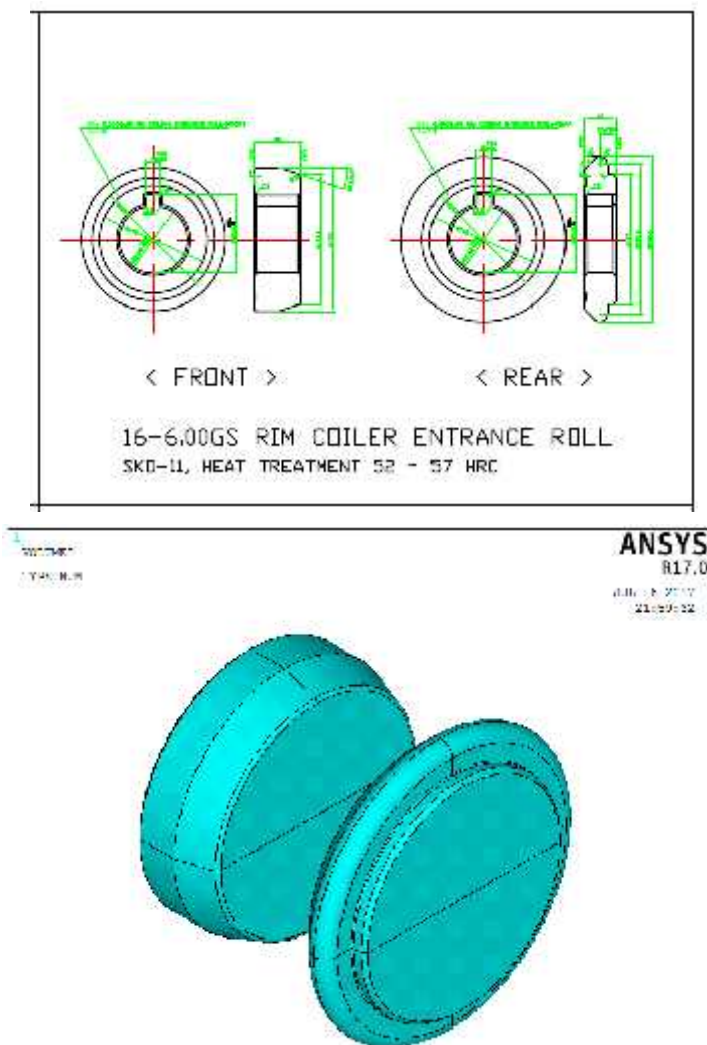
Roller yang digunakan pada penelitian ini menggunakan empat jenis roller yaitu *roller* depan, *roller* belakang, *roller* bawah, dan *roller* atas.



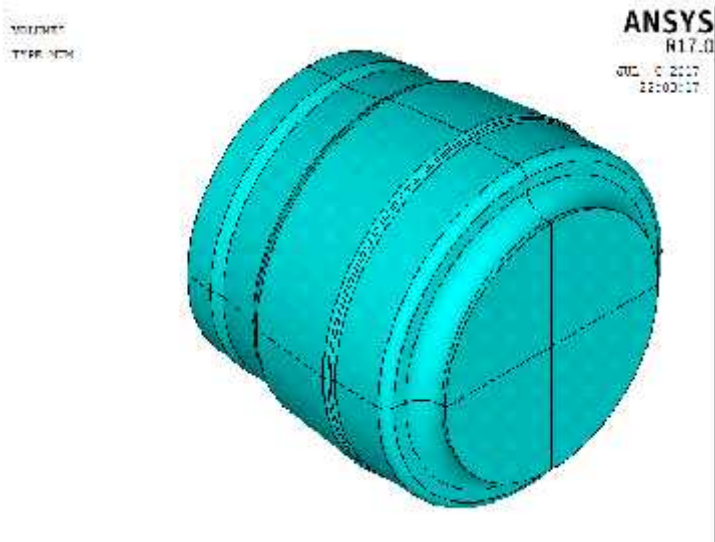
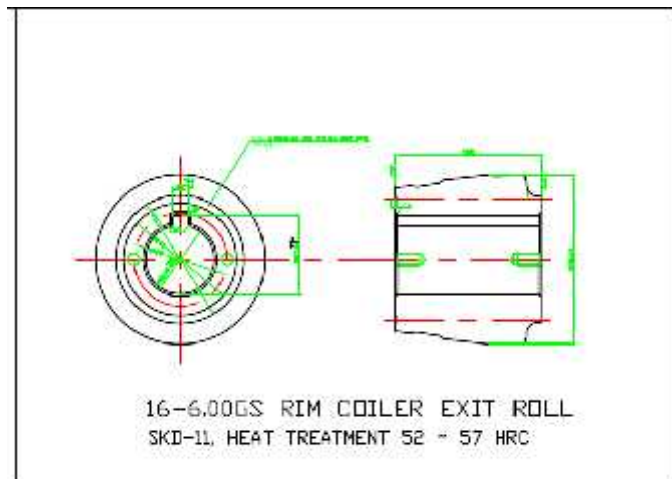
Gambar 3.4 Tampak *Roller* Atas 6.00



Gambar 3.5 Tampak *Roller* Bawah 6.00



Gambar 3.6 Tampak *Roller* Depan 6.00



Gambar 3.7 Tampak *Roller* Belakang 6.00"



BAB III METODOLOGI

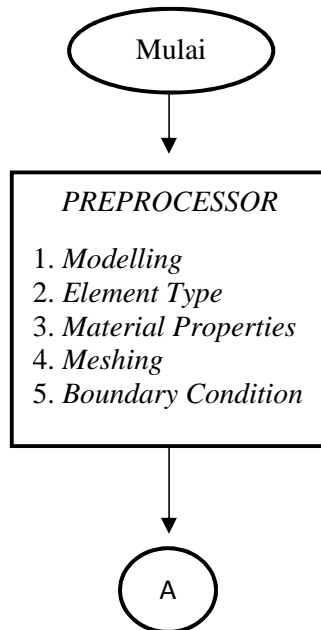
3.3 Peralatan Penelitian

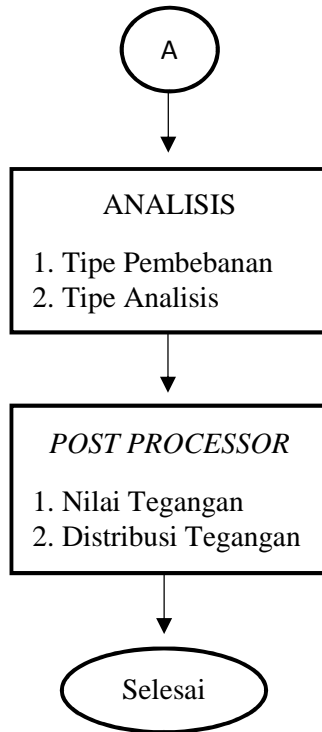
Peralatan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Autocad 2017* merupakan *software* desain yang digunakan untuk panduan dimensi serta desain dari PT. Autokorindo yang kemudian hasilnya di aplikasikan ke *software ANSYS 17.0*
2. *ANSYS 17.0* merupakan *software* yang digunakan untuk memodelkan simulasi dengan metode elemen hingga

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian menggunakan perangkat lunak *ANSYS* yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.8 Diagram Alir Permodelan

3.4.1 Permodelan *Rolling Rim Velg Truk*

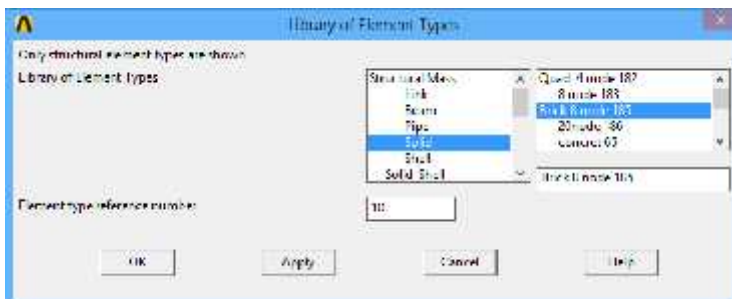
Dalam melakukan permodelan proses pengerollan rim velg truk langkah pertama yang dilakukan ialah menentukan *preference*. Dalam hal ini pilihan yang di pilih ialah *structure* dikarenakan akan dilakukan analisis tegangan

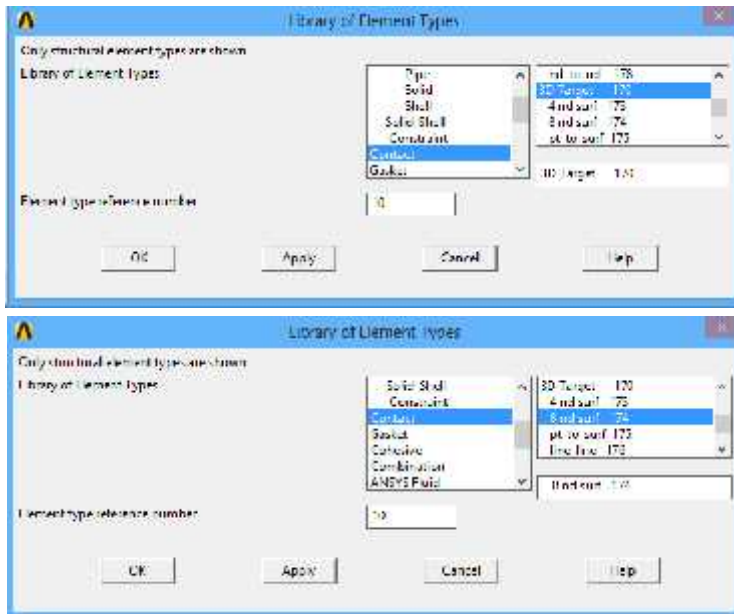


Gambar 3.9 *Preference*

3.4.2 Penentuan *Element Type*

Dalam melakukan penentuan tipe elemen yang akan digunakan pada simulasi digunakan *solid element* dikarenakan material yang akan disimulasikan berupa 3D yaitu menggunakan *brick 8 node 185* untuk material dan untuk rol digunakan 3D *target 170* serta 8 nd *surf*

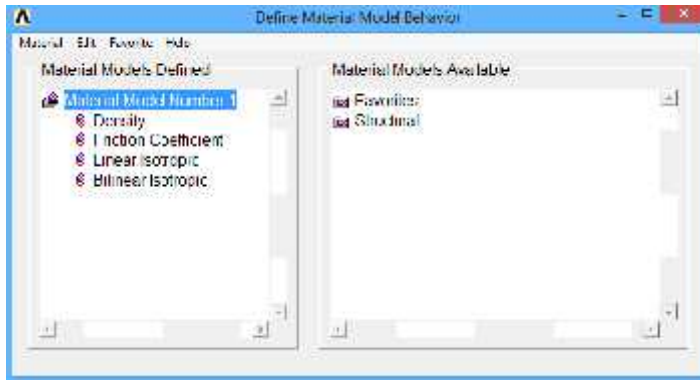




Gambar 3.10 Element Type

3.4.3 Material Properties

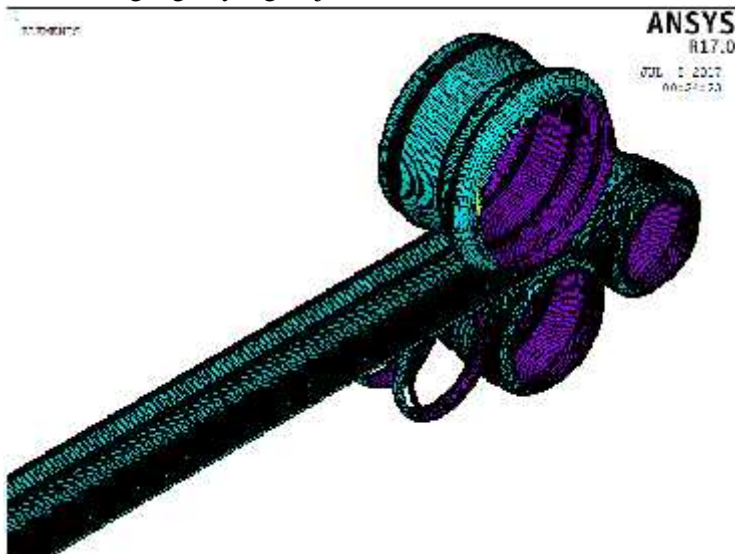
Pada penelitian ini dilakukan analisis tegangan oleh karena itu dilakukan pengumpulan data antara lain *density* dan *friction coefficient*



Gambar 3.11 *Material Properties*

3.4.4 Meshing

Meshing adalah proses untuk membagi benda menjadi elemen – elemen yang lebih kecil sehingga berguna pada saat simulasi tegangan yang terjadi



Gambar 3.12 *Hasil Meshing Material*



BAB III METODOLOGI

3.4.5. *Boundary Condition*

Untuk menjalankan simulasi pengerolan ini ada beberapa *boundary condition* yang digunakan dengan tujuan agar pengerolan dapat dilakukan

- Constrain* material, material diberikan *constrain* pada kedua sisi area samping material terhadap sumbu X, agar material tidak bergerak ke arah sumbu X ketika dijalankan simulasi.
- Constrain* pada *roller*, pemberian *constrain* terhadap *roller* terhadap sumbu Y dan Sumbu Z, dimaksudkan agar *roller* tidak ikut bergerak ketika diberikan *press* pada awal proses pengerolan sehingga sesuai dengan kondisi nyata pada PT Autokorindo

3.4.6 Tipe Pembebanan

Pembebanan yang dilakukan adalah tipe pembebanan *structural*. Ada dua tahap pembebanan yang dilakukan pada simulasi pengerolan pada tugas akhir ini yaitu *press* dan rotasi seperti pada Tabel 3.4 sebagai berikut.

Tabel 3.4. Pembebanan

No	Pembebanan	Nilai
1	Perpindahan sumbu Y	-5 Cm
2	Rotasi sumbu X	2

3.4.7. Tipe Analisis

Tipe analisis dalam tugas akhir ini adalah stuktural dengan menggunakan analisis *large displacement static*, analisa ini digunakan karena proses pengerolan membutuhkan nilai regangan yang tinggi.



BAB III METODOLOGI

3.4.8. Validasi Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dan tercapainya tujuan penelitian, dengan bantuan batasan masalah yang ada. Validasi penelitian perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat serta sesuai dengan kondisi nyata. Pada penelitian tugas akhir ini ada dua hal yang perlu di validasi yaitu ;

- a. Desain profil yang terbentuk sudah mengikuti alur mold *roller* atas dan mold *roller* bawah, sebagai komponen utama pembentuk profil, mold atas dan mold bawah merupakan pembentuk desain profil rim velg *truck* pada akhir proses pengerolan.
- b. Nilai tegangan *von mises* hasil akhir harus lebih kecil dari nilai tegangan tarik material SS400, nilai tegangan *von mises* yang lebih kecil daripada tegangan tarik menunjukkan bahwa pada proses pengerolan material dalam daerah plastis yang aman dan tidak mengalami kegagalan. Rumus tegangan von mises merupakan hasil dari perhitungan nilai 3 tegangan *principle* yang dirumuskan sebagai berikut.

$$\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] < \sigma_U \quad (3.1)$$

3.5. Langkah Penelitian

Penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Pengumpulan data dan studi literature

Pada tahap ini, data- data penting seperti desain mold, desain pelat rim, sifat material SS400 serta *standart* untuk memilih material yang digunakan sebagai acuan PT Autokorindo dikumpulkan dan di *verifikasi* sehingga sesuai dengan yang ada pada kondisi sebenarnya



BAB III METODOLOGI

2. Pembuatan geometri
Geometri pelat rim 6.00 desain 2D pada AUTOCAD 2017 dibuat ulang desain 3D pada ANSYS *Mechanical* APDL 17.0
3. Menjalankan simulasi
Simulasi pengerolan dilakukan pada *software* ANSYS *Mechanical* APDL sesuai desain yang ada dan batasan masalah yang digunakan, hingga rim terbentuk.
4. Validasi penelitian
Hasil dari proses pengerolan dalam penelitian tugas akhir ini adalah terbentuknya profil material pelat rim sesuai mold *roller* atas dan bawah pada tahap *press*, dan dapat diputar pada tahap pengerolan. Nilai tegangan *von mises* hasil harus menunjukkan nilai dibawah UTS, sehingga penelitian ini dapat dikatakan *valid*.
5. Analisa Data
Setelah hasil divalidasi perbandingan efek perbedaan material terhadap tegangan pengerolan dapat dilakukan, secara teoritis besar tegangan yang dihasilkan oleh material yang lebih keras akan lebih tinggi dibandingkan material yang lebih ulet
6. Kesimpulan
Pada akhir penelitian dilakukan penarikan kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian

3.6. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini ada dua jenis, yaitu variabel terikat dan variabel bebas.

1. Variabel terikat berupa : Sifat material berupa densitas, *poison ratio*, sifat elastisitas, koefisien gaya gesek, jarak *press*, posisi *roller* serta sifat pengerasan.
2. Variabel bebas berupa : Desain *mold* dan rim, besar radius rotasi.



BAB III METODOLOGI

3.7. Rancangan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir dilakukan analisis persebaran tegangan dan nilai tegangan untuk sifat material yang berbeda dengan menggunakan desain *profile* yang sama seperti pada Tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Tabel Rancangan Penelitian

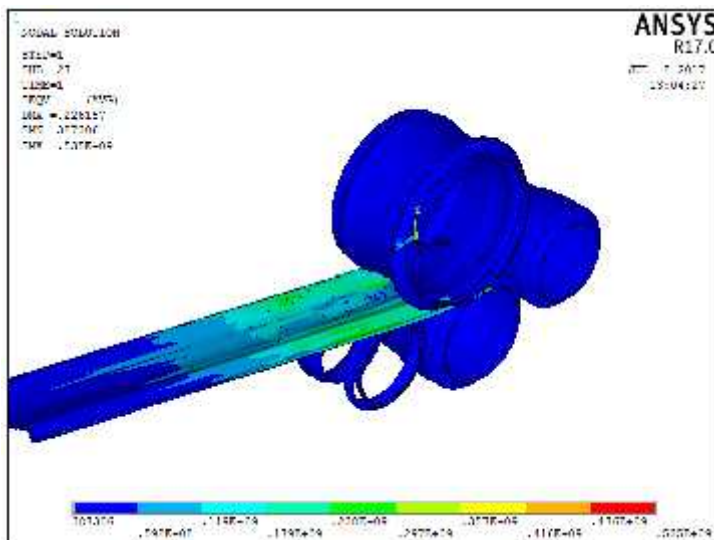
<i>Input</i>	<i>Output</i>
Baja SS400	Persebaran Tegangan
	Besar Tegangan
Baja ASTM A299	Persebaran Tegangan
	Besar Tegangan
Baja AISI 1018	Persebaran Tegangan
	Besar Tegangan

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

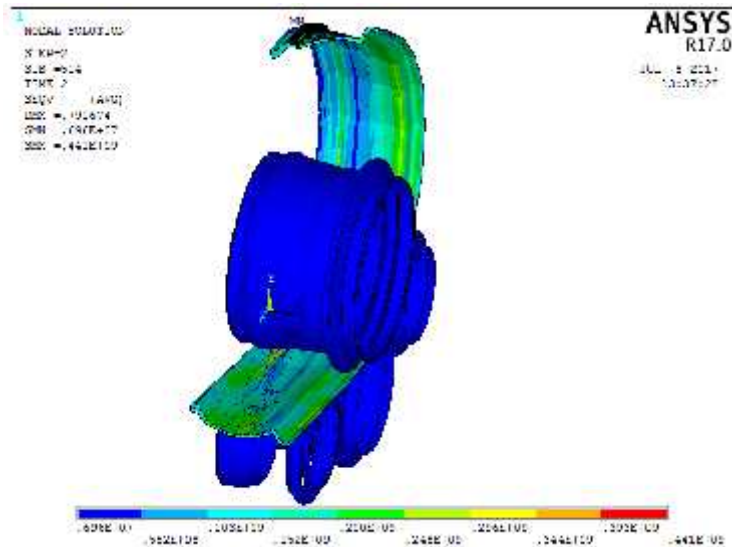
4.1 Desain Pengerolan

Permodelan analisis distribusi tegangan dimulai dengan membuat desain *slab metal* beserta seluruh *roller* yang terdiri dari *bull roll*, *entrance roll*, *center roll*, dan *exit roll* berdasarkan desain yang telah dibuat oleh PT Autokorindo

Pada PT Autokorindo menggunakan material SS400 dengan panjang 1,275 meter untuk membuat sebuah rim 6.00 dan pada penelitian ini digunakan model dengan dimensi yang sama dengan yang ada pada PT Autokorindo beserta mesin *rolling* yang di simulasikan. Pada penelitian ini digunakan dua *step* untuk membuat simulasi yaitu *step* pertama saat *roll* atas (*bull roll*) menekan material diberikan *displacement* sebesar 0.05 ke arah sumbu Y *negative* untuk membentuk *profile* serta menahan *slab metal* agar menyentuh antara *bull roll* dan *center roll*. kemudian *step* kedua saat *roll* berputar sehingga material membentuk rim



Gambar 4.1 *Step* Pertama Simulasi Proses Pengerolan



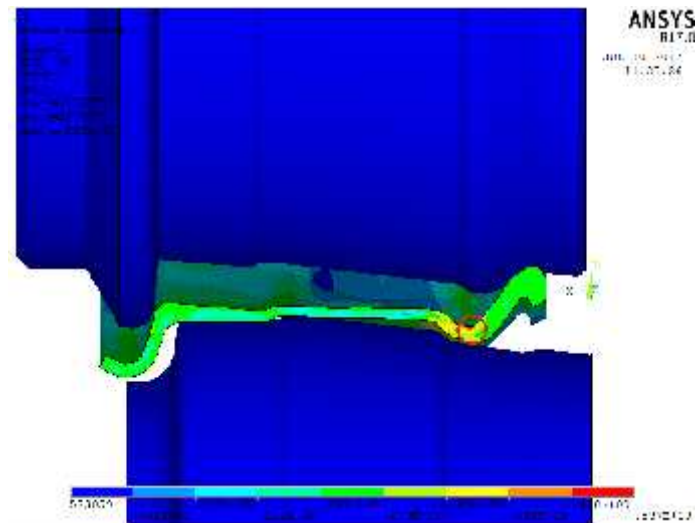
Gambar 4.2 *Step* Akhir Simulasi Proses Pengerolan
Pada Gambar 4.1 adalah *step* pertama saat *bull roll* menekan material sehingga terjadi deformasi kemudian Gambar 4.2 adalah *step* terakhir saat rol berputar sebesar 2

4.2 Tegangan pada Simulasi

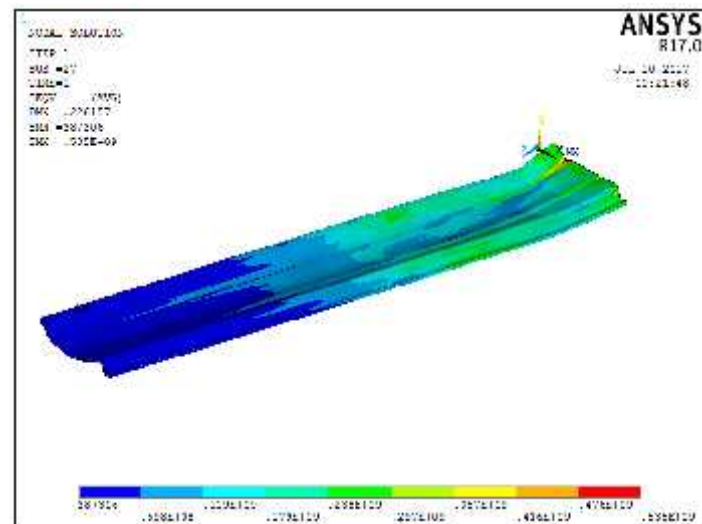
Pada penelitian ini digunakan *Von Mises Criteria* untuk menganalisa tegangan atau *stress* yang terjadi selama proses simulasi

4.3 Simulasi Material SS400

Hasil dari simulasi proses pengerolan material SS400 yang merupakan material asli yang digunakan oleh PT Autokorindo



Gambar 4.3 Konsentrasi Tegangan pada Proses *Press*



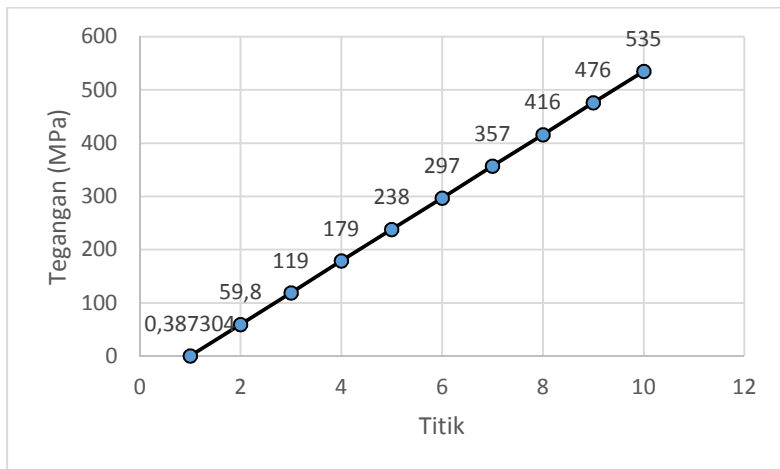
Gambar 4.4 Material SS400 saat di Press

BAB IV ANALISIS DATA



Tabel 4.1 Keterangan Titik pada Gambar

Titik	Keterangan warna
1	Blue
2	Light Blue
3	Cyan
4	Teal
5	Green
6	Light Green
7	Yellow
8	Orange
9	Red
10	Dark Red



Gambar 4.5 Grafik Tegangan Material SS400 saat di Press

Hasil dari simulasi proses pengerolan velg truk yang telah dilakukan menggunakan metode pengerasan *bilinier isotropic* berupa *von mises stress*.



BAB IV ANALISIS DATA











Gambar 4.4 merupakan hasil data tegangan yang terjadi saat simulasi pada *step* pertama yang disajikan dalam bentuk grafik. Pada akhir proses *press* seluruh bagian rim 6.00 sudah dalam kondisi lurus, dapat dikatakan proses *press* sudah berakhir dan telah mengalami deformasi mengikuti bentuk *mold roller*. Dari grafik terlihat bagaimana persebaran tegangan yang terjadi saat material di tekan. Terlihat bahwa tegangan maksimal sebesar 535 MPa dan tegangan minimal sebesar 0,387 MPa dari *range* tegangan terlihat bahwa tegangan tidak terdistribusi dengan baik karena terlalu jauh nya *range* antara tegangan maksimal dan tegangan minimal sehingga mengindikasikan adanya tegangan yang terkonsentrasi pada satu titik terpusat pada daerah seperti yang terlihat pada Gambar 4.3.

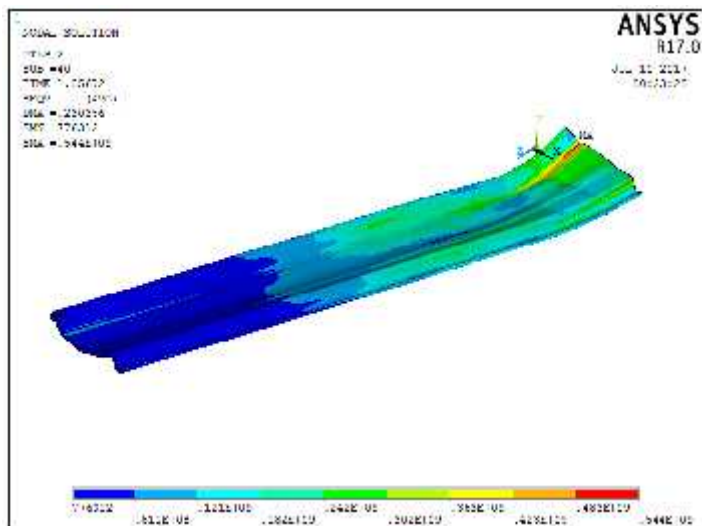
Jika melihat pada Gambar 4.3 daerah konsentrasi tegangan terjadi di daerah geometri ujung berbentuk *fillet* hal ini dikarenakan pada daerah tersebut terjadi deformasi yang paling besar yaitu saat *profile* berbentuk *fillet* kemudian saat di *press* harus mengikuti bentuk roll hingga lurus dan jika berdasarkan teoritis adanya *fillet* menjadi salah satu penyebab terjadinya konsentrasi tegangan karena transfer tegangan menjadi tidak merata diakibatkan oleh perubahan arah rambat tegangan. Perubahan arah rambat tegangan tersebutlah yang menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan.



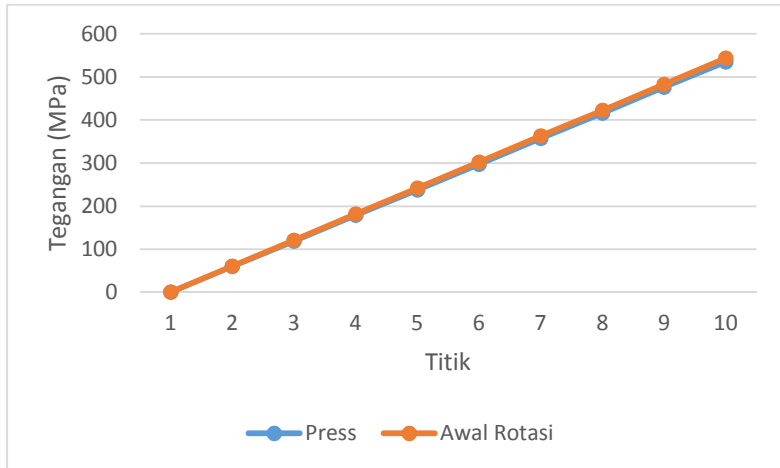
BAB IV ANALISIS DATA

Tabel 4.2 Tegangan pada *Press* dan Awal Rotasi

Titik	Keterangan warna	Tegangan saat di <i>Press</i> (MPa)	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)
1		0,387304	0,776312
2		59,8	61,1
3		119	121
4		179	182
5		238	242
6		297	302
7		357	363
8		416	423
9		476	483
10		535	544



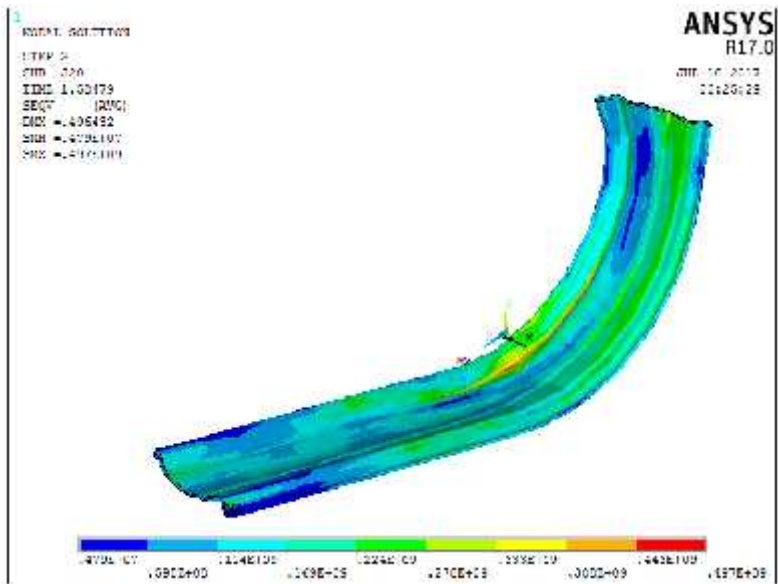
Gambar 4.5 Material SS400 saat Awal Rotasi



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat di *Press* dan Awal Rotasi

Gambar 4.5 menunjukkan bagaimana persebaran tegangna yang terjadi saat material SS400 mengalami awal rotasi. Tabel 4.2 dan Gambar 4.6 menunjukkan perbandingan grafik tegangan yang terjadi saat *step press* dan pada saat awal *rotasi* dan dari grafik terlihat bagaimana tegangan yang terjadi pada material SS400 saat awal *rotasi* dimana terlihat bahwa tegangan maksimal yang terjadi sebesar 544 MPa dan tergangnan minimal sebesar 0,776 MPa.

Dari grafik perbandingan diatas terlihat bahwa tren nilai tegangan yang terjadi yang ditunjukkan oleh simulasi pada awal rotasi meningkat jika dibandingkan pada saat proses *press* dengan rata – rata kenaikan sebesar 4,4 MPa adanya tren kenaikan tegangan pada material ini disebabkan adanya *displacement* baru yaitu perputaran roll serta belum baik nya pendistribusian tegangan yang terjadi akibat masih sebagian kecil dari material yang telah terdeformasi.

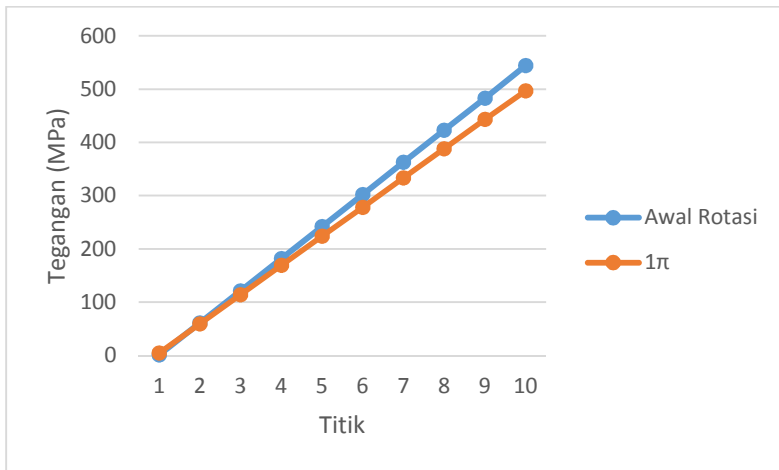


Gambar 4.7 Material SS400 saat Rotasi 1

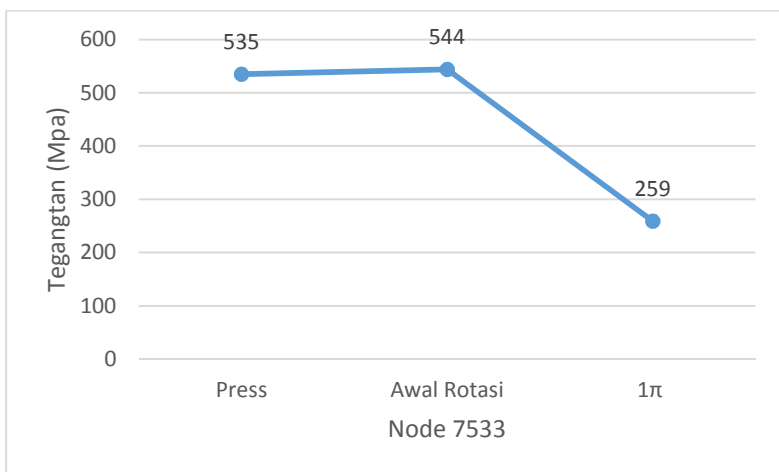
Tabel 4.3 Tegangan pada Awal Rotasi dan 1

Titik	Keterangan warna	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)	Tegangan saat Rotasi 1 (MPa)
1		0,776312	4,79
2		61,1	59,5
3		121	114
4		182	169
5		242	224
6		302	278
7		363	333
8		423	388
9		483	443
10		544	497

BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat di Awal Rotasi dan 1



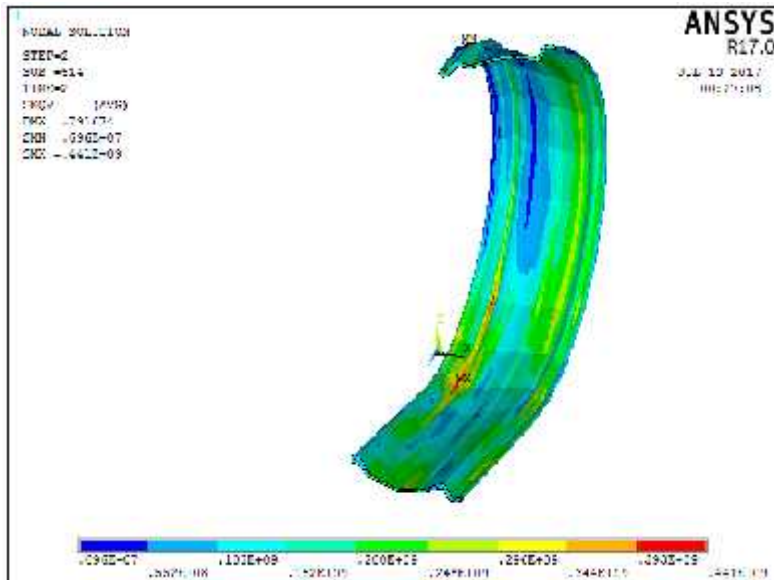
Gambar 4.9 Grafik Tegangan pada *Node 7617* SS400



BAB IV ANALISIS DATA

Gambar 4.7 menunjukkan bagaimana persebaran tegangan yang terjadi pada SS400 saat mengalami rotasi sebesar 1 yang terlihat bahwa konsentrasi tegangan yang awalnya berada di ujung depan material sekarang telah berpindah ke bagian tengah. Tabel 4.3 dan Gambar 4.8 menunjukkan perbandingan tegangan yang terjadi saat awal pengerolan dan saat rol telah berputar 1 dalam bentuk grafik bagaimana tegangan yang terjadi pada material SS400 saat telah mengalami perputaran 1 tegangan maksimum yang terjadi sebesar 497 MPa tegangan ini lebih kecil 47 MPa jika dibandingkan dengan tegangan maksimum yang terjadi pada saat awal rotasi yang sebesar 544 Mpa dan juga terlihat dari grafik bahwa tren nilai tegangan yang terjadi menurun jika dibandingkan pada awal rotasi namun bisa dilihat bahwa nilai tegangan minimum yang terjadi naik menjadi 4,79 MPa hal ini menandakan bahwa pendistribusian tegangan yang terjadi pada proses ini lebih baik jika dibandingkan saat proses *press* dan awal rotasi berlangsung. Hal ini diakibatkan karena pada rotasi 1 ini sudah semakin banyak daerah yang mengalami deformasi plastis.

Pada *step* ini konsentrasi tegangan yang terjadi pada material mengalami perubahan yang awalnya berada di ujung material berpindah ke posisi tengah hal ini dibuktikan juga oleh Gambar 4.8 yang menunjukkan perubahan tegangan pada *node* 7617 yang pada proses *press* dan awal rotasi merupakan salah satu titik yang mendapatkan tegangan maksimal namun pada rotasi 1 tegangan yang didapatkan berkurang menjadi 259 MPa ini membuktikan bahwa konsentrasi tegangan yang terjadi pada ujung material telah hilang hal ini dikarenakan ujung material telah lepas dari tekanan roll atas dan konsentrasi tegangan berpindah pada tengah material hal ini menunjukkan adanya pelepasan tegangan (*stress release*) saat material telah lepas dari *press*. Posisi baru dimana konsentrasi tegangan baru terbentuk tersebut adalah posisi saat material di tekan oleh rol atas dan mengalami awal deformasi.

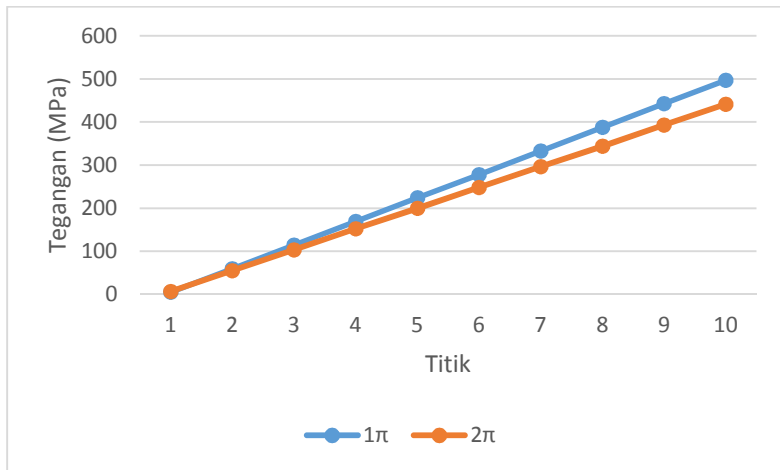


Gambar 4.10 Material SS400 saat Rotasi 2

Tabel 4.4 Tegangan pada 1 dan 2

Titik	Keterangan warna	Tegangan saat Rotasi 1 (MPa)	Tegangan saat Rotasi 2 (MPa)
1		4,79	6,96
2		59,5	55,2
3		114	103
4		169	152
5		224	200
6		278	248
7		333	296
8		388	344
9		443	393
10		497	441

BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat 1 dan 2

Gambar 4.10 menunjukkan bagaimana tegangan yang terjadi serta penyebarannya saat material SS400 mengalami rotasi 2. Tabel 4.4 dan Gambar 4.11 menunjukkan nilai serta perbandingan nilai tegangan yang muncul pada saat proses 2 (1 putaran) proses ini merupakan kelanjutan dari proses rotasi 1.

Terlihat dari grafik dan tabel bahwa nilai tegangan maksimal yang terjadi pada saat rotasi satu putaran berkurang menjadi 441 MPa sebesar 56 MPa dibandingkan dengan besar tegangan saat 1 yang sebesar 497 MPa dan jika dilihat pada tegangan lain yang terjadi mengalami tren penurunan namun untuk tegangan *minimum* yang terjadi mengalami kenaikan menjadi 6,96 MPa hal ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan yang terjadi pada saat rotasi satu putaran lebih baik daripada saat setengah putaran (1) hal ini dikarenakan semakin merata nya tegangan yang distribusikan pada setiap luas, karena semakin baik distribusi tegangan yang terjadi pada suatu material akan mencegah



BAB IV ANALISIS DATA

timbulnya suatu *crack* pada titik tertentu akibat konsentrasi tegangan.

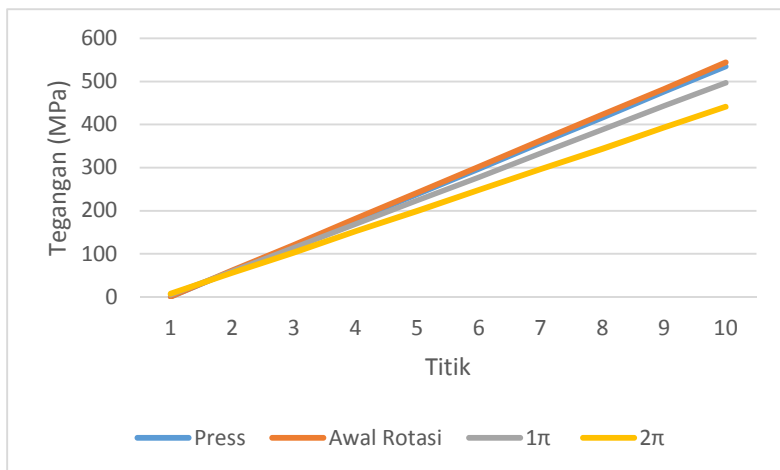
Tegangan yang terjadi pada material SS400 saat telah mengalami satu putaran penuh dimana terlihat bahwa konsentrasi tegangan yang awalnya di ujung material seperti Gambar 4.3 telah berpindah yang membuktikan adanya *stress release* setelah material lepas dari *press* seperti terlihat pada Gambar 4.7 berpindah kebelakang menuju posisi 3/4 panjang material hal ini dikarenakan setengah material telah lepas dari rol atas yang pada rotasi 1 timbul konsentrasi tegangan dan konsentrasi berpindah pada 3/4 material dimana posisi tersebut adalah posisi saat material di tekan oleh rol atas dan mengalami deformasi ditandai dengan warna merah dengan nilai tegangan maksimal sebesar 441 MPa nilai tegangan maksimal yang terjadi relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai tegangan maksimal yang terjadi pada saat material mengalami rotasi 1 yang sebesar 497 MPa.



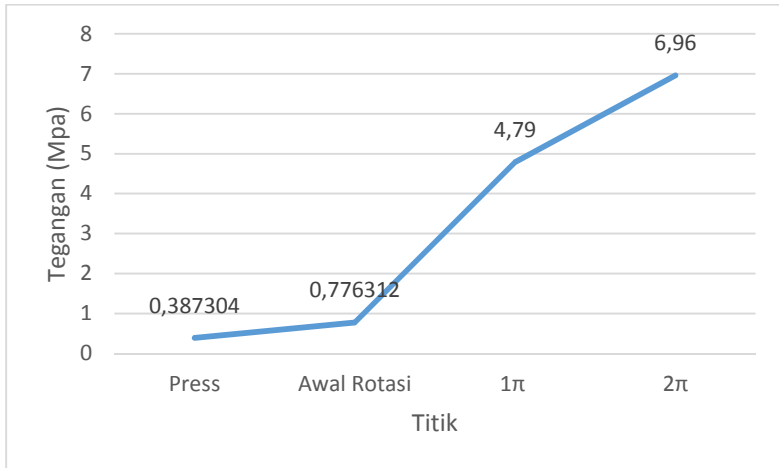
BAB IV ANALISIS DATA

Tabel 4.5 Tegangan Material SS400 pada Simulasi

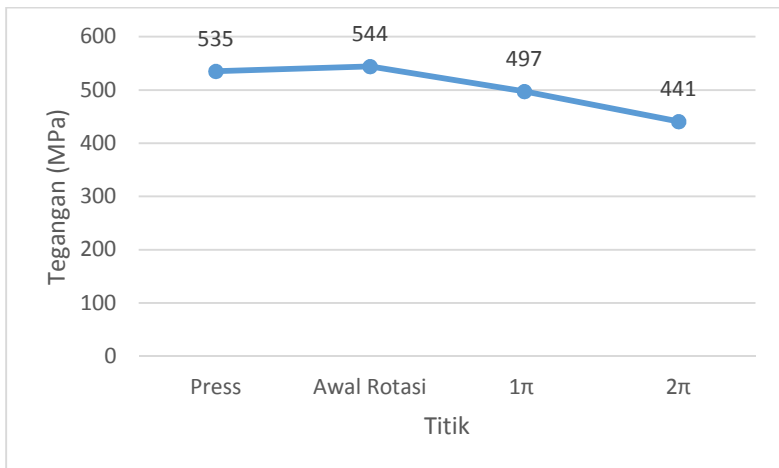
Titik	Tegangan saat Proses Press (MPa)	Tegangan saat Proses Awal Rotasi (MPa)	Tegangan saat Rotasi 1 (MPa)	Tegangan saat Rotasi 2 (MPa)
1	0,387304	0,776312	4,79	6,96
2	59,8	61,1	59,5	55,2
3	119	121	114	103
4	179	182	169	152
5	238	242	224	200
6	297	302	278	248
7	357	363	333	296
8	416	423	388	344
9	476	483	443	393
10	535	544	497	441



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Tegangan Material SS400 saat Simulasi



Gambar 4.13 Grafik *Stress Minimum* SS400 pada Simulasi



Gambar 4.14 Grafik *Stress Maximum* SS400 pada Simulasi

Gambar 4.12 dan Tabel 4.5 menunjukkan bagaimana pola tegangan yang terjadi pada saat simulasi pengerolan SS400



BAB IV ANALISIS DATA

sedangkan Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 menunjukkan grafik tegangan minimal dan maksimal yang terjadi selama simulasi proses pengerolan.

Dari Gambar 4.12 dan Tabel 4.5 terlihat bahwa secara *overall* tren tegangan yang terjadi pada simulasi naik saat proses *press* menuju awal rotasi kemudian turun pada 1 dan turun kembali pada 2 hal ini juga dibuktikan pada Gambar 4.13 yang menunjukkan tegangan maksimum tertinggi saat simulasi terjadi pada saat awal rotasi dengan tegangan sebesar 544 MPa dan tegangan maksimum paling kecil terjadi pada saat 2 .

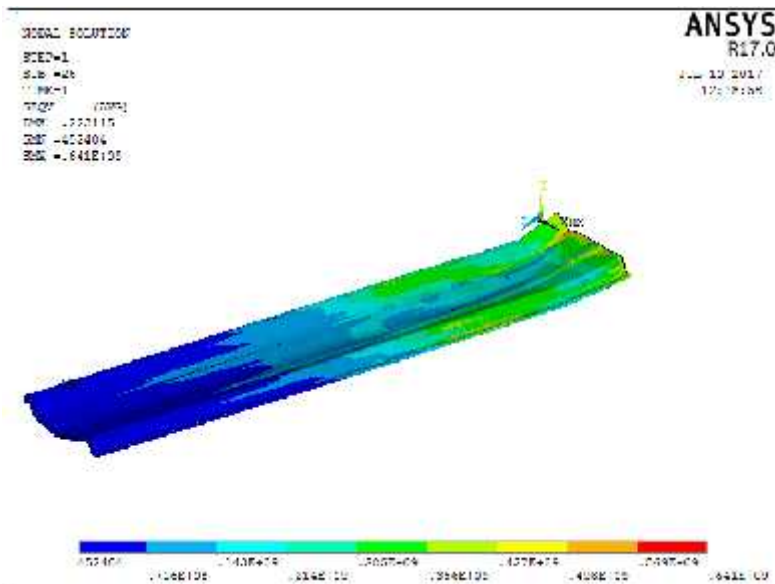
Pada Gambar 4.13 saat proses *press* menuju awal rotasi *tren* tegangan yang terjadi naik yaitu dari 535 MPa menuju 544 MPa namun saat menuju rotasi 1 *tren* tegangan yang terjadi menurun menuju 497 MPa dan pada saat rotasi 2 kembali mengalami penurunan ke nilai 441 MPa namun hal sebaliknya terjadi pada besar tegangan minimum yang terjadi seperti ditunjukkan pada gambar 4.11 pada saat *press* tegangan *minimum* sebesar 0,387 MPa kemudian saat awal rotasi naik menjadi sebesar 0,776 MPa kemudian saat rotasi 1v tegangan *minimum* naik secara signifikan ke angka 4,79 Mpa dan saat rotasi 1 tegangan *minimum* kembali naik menjadi 6,96 MPa hal ini dapat terjadi disebabkan semakin merata nya persebaran tegangan yang terjadi sehingga dapat me-*reduce* besar tegangan maksimum yang terjadi, semakin baik distribusi tegangan yang terjadi pada material akan semakin baik mencegah *crack* yang timbul akibat konsentrasi tegangan yang terjadi.

Selama proses simulasi tegangan *Von Misses* yang terjadi pada simulasi masih dibawah UTS material SS400 yang sebesar 700 MPa sedangkan tegangan maksimal yang terjadi berada di angka 544 MPa sehingga tidak ada indikasi terjadinya *crack* selama proses simulasi.



4.4 Simulasi Material AISI 1018

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan *alternatif* pilihan material yang dapat digunakan oleh PT Autokorindo di masa yang akan datang saat diperlukan. Pada subbab ini akan dibahas bagaimana hasil dari simulasi pada proses pengerollan material AISI 1018. AISI 1018 merupakan material yang tidak digunakan oleh PT Autokorindo namun sifat material ini masih dalam *standart* yang digunakan oleh PT Autokorindo.



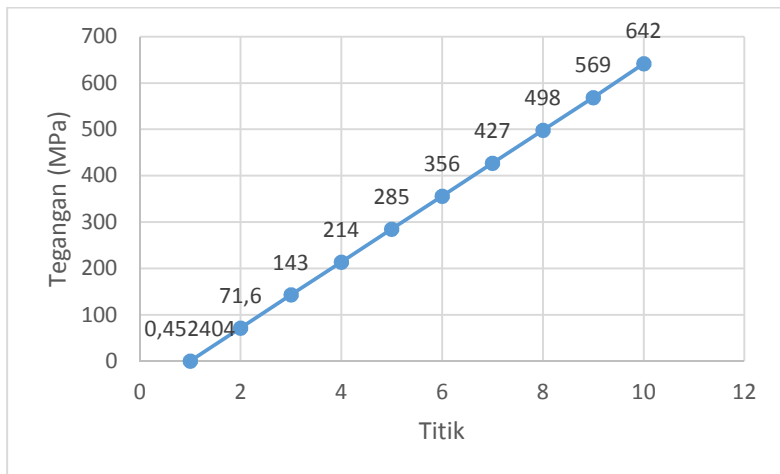
Gambar 4.15 Material AISI 1018 saat di *Press*

BAB IV ANALISIS DATA



Tabel 4.6 Keterangan Titik pada Gambar

Titik	Keterangan warna
1	Blue
2	Light Blue
3	Cyan
4	Teal
5	Green
6	Light Green
7	Yellow
8	Orange
9	Red
10	Dark Red



Gambar 4.16 Grafik Tegangan Material AISI 1018 saat di *Press*

Hasil dari simulasi proses pengerolan velg truk yang telah dilakukan menggunakan metode pengerasan *bilinier isotropic* berupa *von mises stress*.

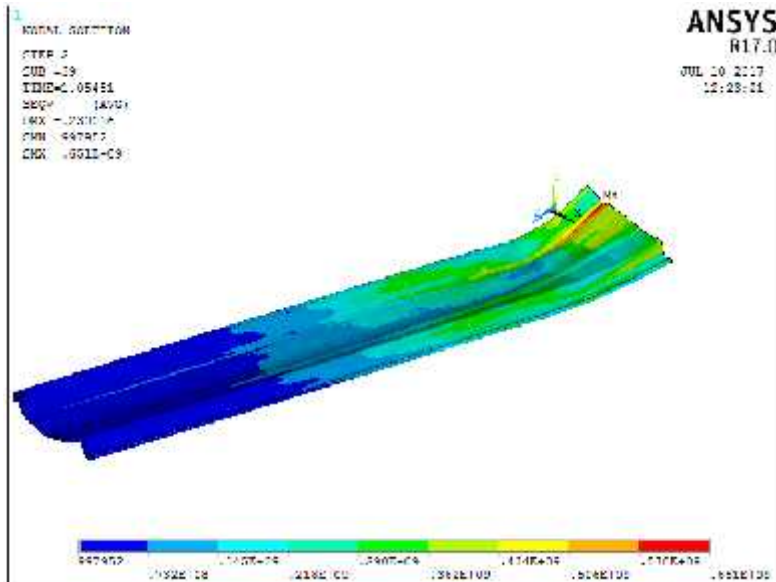


BAB IV ANALISIS DATA

Gambar 4.16 merupakan hasil data tegangan yang terjadi saat simulasi pada *step* pertama yang disajikan dalam bentuk grafik. Pada akhir proses *press* seluruh bagian rim 6.00 sudah dalam kondisi lurus, dapat dikatakan proses *press* sudah berakhir dan telah mengalami deformasi mengikuti bentuk *mold roller*. Proses pengerolan bentuk *profile* serta bentuk rim yang di simulasikan untuk material AISI 1018 adalah sama dengan yang di simulasikan pada Material SS400.

Dari grafik terlihat bagaimana persebaran tegangan yang terjadi saat material di *press*. Terlihat bahwa tegangan maksimal sebesar 642 MPa dan tegangan minimal sebesar 0,452 MPa dari *range* tegangan terlihat bahwa tegangan tidak terdistribusi dengan baik karena terlalu jauh nya *range* antara tegangan maksimal dan tegangan minimal sehingga mengindikasikan adanya tegangan yang terkonsentrasi pada satu titik terpusat pada daerah seperti yang terlihat pada Gambar 4.15.

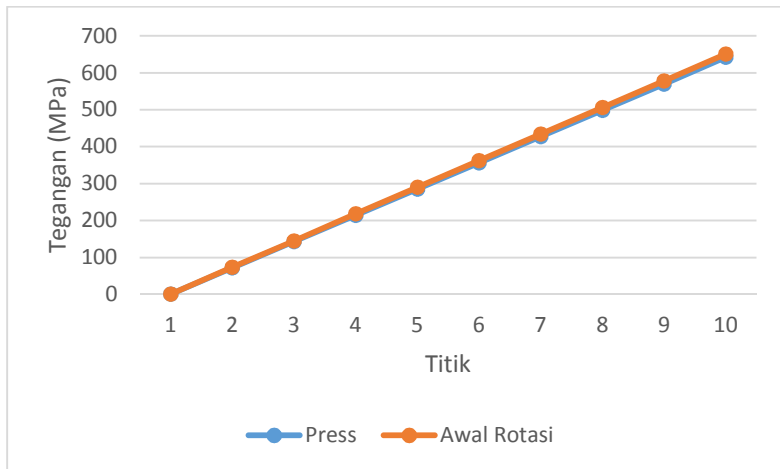
Jika melihat pada Gambar 4.15 daerah konsentrasi tegangan terjadi di daerah geometri ujung berbentuk *fillet* hal ini dikarenakan pada daerah tersebut terjadi deformasi yang paling besar yaitu saat *profile* berbentuk fillet kemudian saat di *press* harus mengikuti bentuk roll hingga lurus dan jika berdasarkan teoritis adanya *fillet* menjadi salah satu penyebab terjadinya konsentrasi tegangan karena transfer tegangan menjadi tidak merata diakibatkan oleh perubahan arah rambat tegangan. Perubahan arah rambat tegangan tersebutlah yang menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan.



Gambar 4.17 Material AISI 1018 saat Awal Rotasi

Tabel 4.8 Tegangan pada saat *Press* dan Awal Rotasi

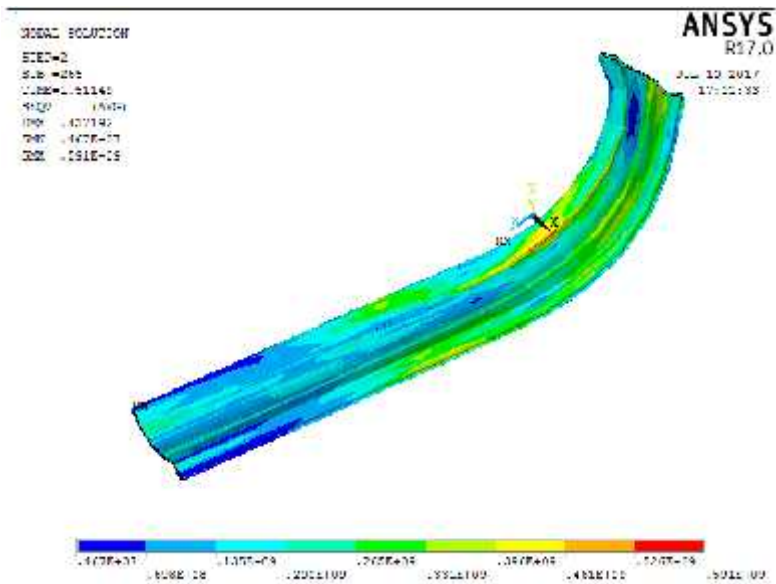
Titik	Keterangan warna	Tegangan saat Press (MPa)	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)
1		0,452404	0,997952
2		71,6	73,2
3		143	145
4		214	218
5		285	290
6		356	362
7		427	434
8		498	506
9		569	578
10		642	651



Gambar 4.18 Tegangan Material AISI 1018 saat *Press* dan Awal Rotasi

Gambar 4.17 menunjukkan bagaimana persebaran tegangan yang terjadi saat material AISI 1018 mengalami awal rotasi. Tabel 4.8 dan Gambar 4.18 menunjukkan perbandingan grafik tegangan yang terjadi saat *step press* dan pada saat awal *rotasi* dan dari grafik terlihat bagaimana tegangan yang terjadi pada material AISI 1018 saat awal *rotasi* dimana terlihat bahwa tegangan maksimal yang terjadi sebesar 651 MPa dan tegangan minimal sebesar 0,997 MPa.

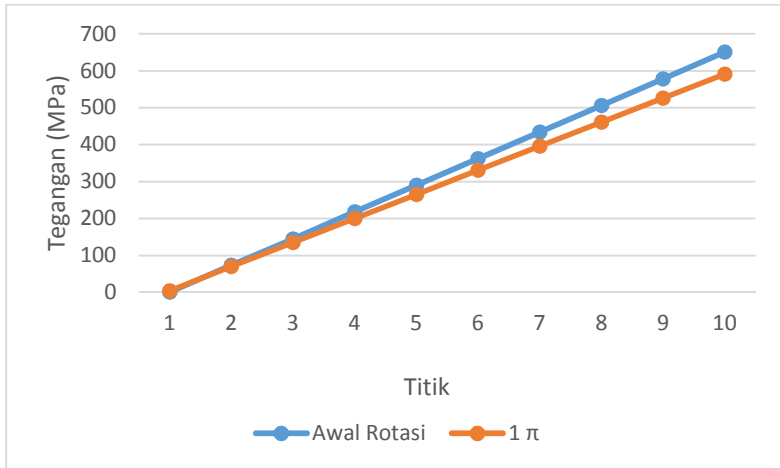
Dari grafik perbandingan diatas terlihat bahwa tren nilai tegangan yang terjadi yang ditunjukkan oleh simulasi pada awal rotasi meningkat jika dibandingkan pada saat proses *press* dengan rata – rata kenaikan sebesar 5,21 MPa adanya tren kenaikan tegangan pada material ini disebabkan adanya *displacement* baru yaitu perputaran rol serta belum baik nya pendistribusian tegangan yang terjadi akibat masih sebagian kecil dari material yang telah terdeformasi.



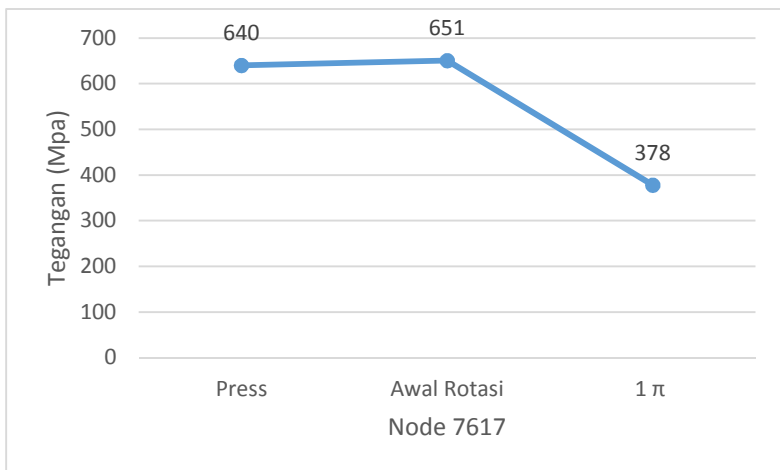
Gambar 4.19 Material AISI 1018 saat Rotasi 1

Tabel 4.9 Tegangan pada Awal Rotasi dan 1

Titik	Keterangan warna	Awal Rotasi (MPa)	1 (MPa)
1		0,997952	4,67
2		73,2	69,8
3		145	135
4		218	200
5		290	265
6		362	331
7		434	396
8		506	461
9		578	526
10		651	591



Gambar 4.20 Tegangan Material AISI 1018 saat Awal Rotasi dan Rotasi 1



Gambar 4.21 Grafik Tegangan Node 7617 AISI 1018













BAB IV ANALISIS DATA

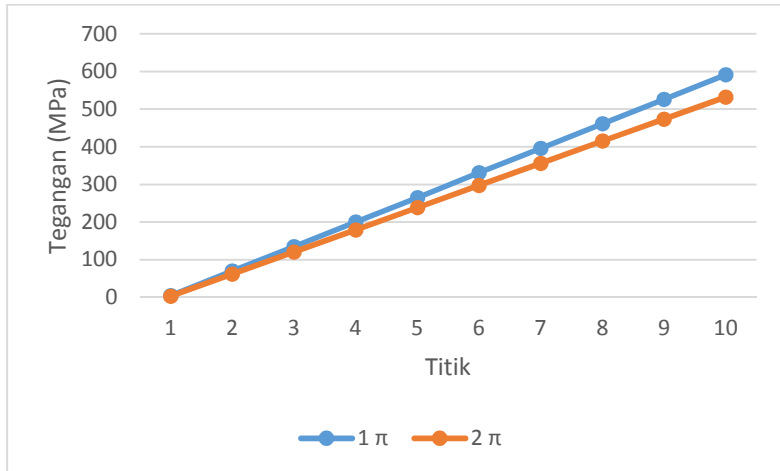
Gambar 4.19 menunjukkan bagaimana persebaran tegangan yang terjadi saat material AISI 1018 mengalami rotasi setengah putaran Tabel 4.9 dan gambar 4.20 menunjukkan perbandingan tegangan yang terjadi saat awal pengerollan dan saat roll telah berputar 1 dalam bentuk grafik bagaimana tegangan yang terjadi pada material AISI 1018 saat telah mengalami perputaran 1 tegangan maksimum yang terjadi sebesar 591 MPa tegangan ini lebih kecil 60 MPa jika dibandingkan dengan tegangan maksimum yang terjadi pada saat awal rotasi yang sebesar 651 MPa dan juga terlihat dari grafik bahwa tren nilai tegangan yang terjadi menurun jika dibandingkan pada awal rotasi namun bisa dilihat bahwa nilai tegangan *minimum* yang terjadi naik menjadi 4,67 Mpa hal ini menandakan bahwa pendistribusian tegangan yang terjadi pada proses ini lebih baik jika dibandingkan saat proses *press* dan awal rotasi berlangsung. Hal ini diakibatkan karena pada rotasi 1 ini sudah semakin banyak daerah yang mengalami deformasi plastis.

Pada *step* ini konsentrasi tegangan yang terjadi pada material mengalami perubahan yang awalnya berada di ujung material berpindah ke posisi tengah hal ini dibuktikan juga oleh gambar 4.21 yang menunjukkan perubahan tegangan pada *node* 7533 yang pada *press* dan awal rotasi merupakan salah satu titik yang mendapatkan tegangan maksimal namun pada rotasi 1 tegangan yang didapatkan berkurang menjadi 378 MPa ini membuktikan bahwa konsentrasi tegangan yang terjadi pada ujung material telah hilang hal ini dikarenakan ujung material telah lepas dari tekanan rol atas dan konsentrasi tegangan berpindah pada tengah material hal ini menunjukkan adanya pelepasan tegangan (*stress release*) saat material telah lepas dari *press*. Posisi baru dimana konsentrasi tegangan baru terbentuk tersebut adalah posisi saat material di tekan oleh rol atas dan mengalami awal deformasi.



Titik	Keterangan warna	Tegangan saat 1 (MPa)	Tegangan saat 2 (MPa)
1		4,67	2,7
2		69,8	61,5
3		135	120
4		200	179
5		265	238
6		331	297
7		396	356
8		461	415
9		526	473
10		591	532

BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.23 Tegangan Material AISI 1018 saat Rotasi 1 dan 2

Gambar 4.22 menunjukkan tegangan yang terjadi saat material AISI 1018 mengalami rotasi satu putaran Tabel 4.10 dan Gambar 4.23 menunjukkan nilai serta perbandingan nilai tegangan yang muncul pada saat proses 2 (satu putaran) proses ini merupakan kelanjutan dari proses rotasi 1 .

Terlihat dari grafik dan tabel bahwa nilai tegangan maksimal yang terjadi pada saat rotasi satu putaran berkurang menjadi 532 MPa. Tegangan berkurang sebesar 59 MPa dibandingkan dengan besar tegangan saat 1 yang sebesar 591 MPa dan jika dilihat pada tegangan lain yang terjadi mengalami tren penurunan, untuk tegangan minimum yang terjadi mengalami penurunan menjadi 2,7 MPa dari 4,67 hal ini berbeda dengan hasil tegangan pada material SS400 yang mengalami kenaikan pada tegangan minimalnya. Jika melihat dari tren tegangan yang terjadi pada rotasi 2 ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan yang terjadi pada saat rotasi satu putaran lebih baik daripada saat setengah putaran (1) hal ini dikarenakan semakin merata nya tegangan yang



BAB IV ANALISIS DATA

distribusikan pada setiap luas, karena semakin baik distribusi tegangan yang terjadi pada suatu material akan mencegah timbulnya suatu *crack* pada titik tertentu akibat konsentrasi tegangan.

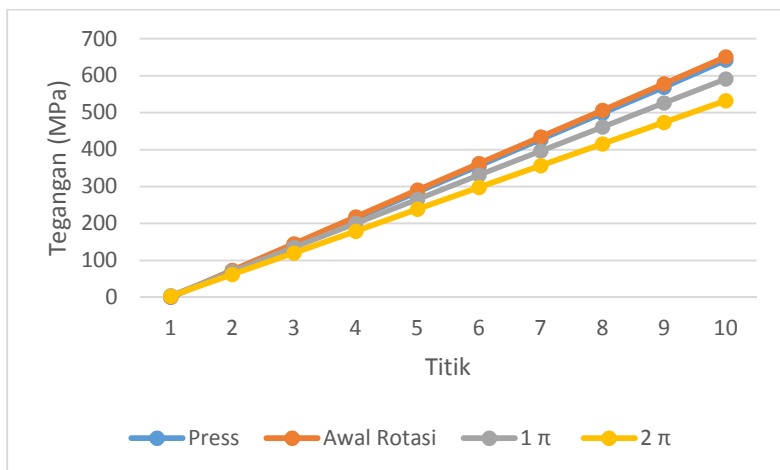
Tegangan yang terjadi pada material AISI 1018 saat telah mengalami satu putaran penuh dimana terlihat bahwa konsentrasi tegangan yang awalnya di ujung material seperti Gambar 4.22 telah berpindah yang membuktikan adanya *stress release* setelah material lepas dari proses *press* seperti terlihat pada Gambar 4.22 berpindah kebelakang menuju posisi $3/4$ panjang material hal ini dikarenakan setengah material telah lepas dari rol atas yang pada rotasi 1 timbul konsentrasi tegangan dan konsentrasi berpindah pada $3/4$ material dimana posisi tersebut adalah posisi saat material di tekan oleh rol atas dan mengalami deformasi ditandai dengan warna merah dengan nilai tegangan maksimal sebesar 441 MPa nilai tegangan maksimal yang terjadi relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai tegangan maksimal yang terjadi pada saat material mengalami rotasi 1 yang sebesar 497 MPa.



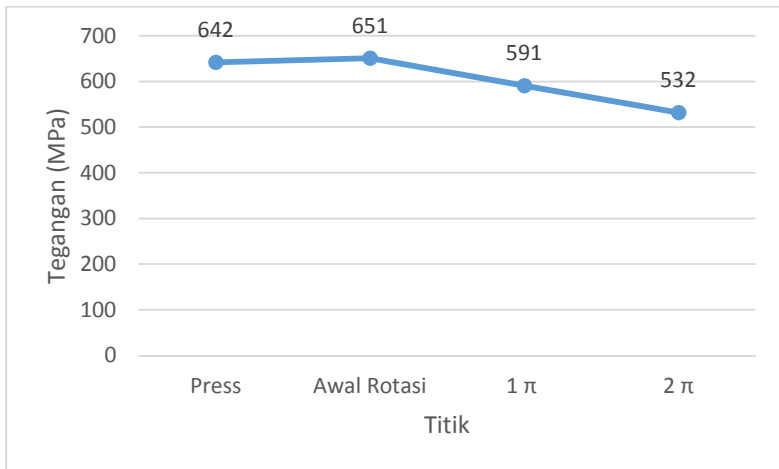
BAB IV ANALISIS DATA

Tabel 4.11 Tegangan Material AISI 1018 pada Simulasi

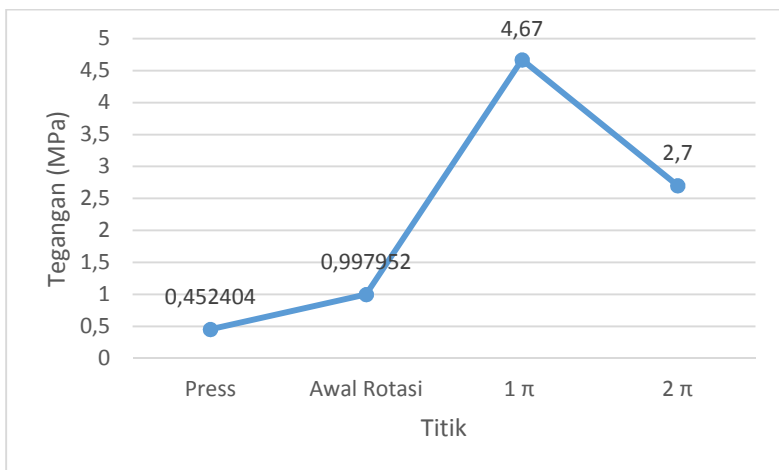
Titik	Tegangan saat Press (MPa)	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)	Tegangan saat Rotasi 1 (MPa)	Tegangan saat Rotasi 2 (MPa)
1	0,452404	0,997952	4,67	2,7
2	71,6	73,2	69,8	61,5
3	143	145	135	120
4	214	218	200	179
5	285	290	265	238
6	356	362	331	297
7	427	434	396	356
8	498	506	461	415
9	569	578	526	473
10	642	651	591	532



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan *Stress* Material AISI 1018 saat Simulasi



Gambar 4.25 Grafik *Stress Max* Material AISI 1018 pada Simulasi



Gambar 4.26 Grafik *Stress Minimum* Material AISI 1018 pada Simulasi

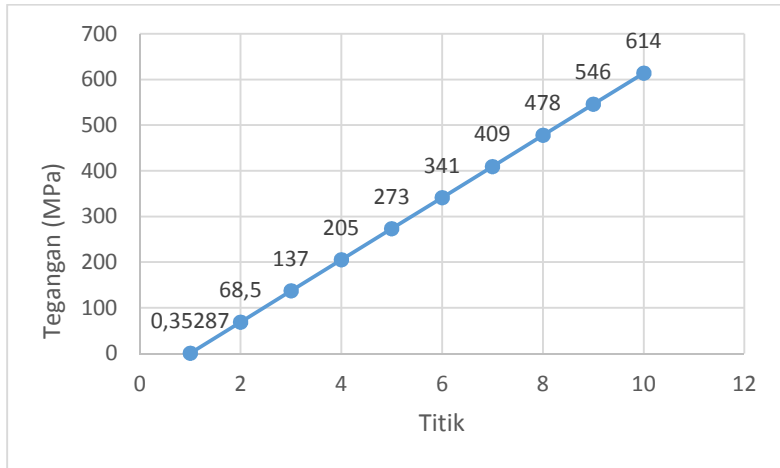


BAB IV ANALISIS DATA

Gambar 4.24 dan Tabel 4.11 menunjukkan bagaimana tren tegangan yang terjadi pada saat simulasi pengerolan material AISI 1018 sedangkan Gambar 4.25 dan Gambar 4.26 menunjukkan grafik tegangan minimal dan maksimal yang terjadi selama simulasi proses pengerolan.

Dari gambar 4.24 dan tabel 4.11 terlihat bahwa secara *overall* tren tegangan yang terjadi pada simulasi naik saat *press* menuju awal rotasi kemudian turun pada 1 dan turun kembali pada 1 hal ini juga dibuktikan pada gambar 4.25 yang menunjukkan tegangan maksimum tertinggi saat simulasi terjadi pada saat awal rotasi dengan tegangan sebesar 651 MPa dan tegangan maksimum paling kecil terjadi pada saat 2 .

Pada gambar 4.25 saat *press* menuju awal rotasi *tren* tegangan yang terjadi naik yaitu dari 642 MPa menuju 651 MPa namun saat menuju rotasi 1 *tren* tegangan yang terjadi menurun menuju 591 MPa dan pada saat rotasi 2 kembali mengalami penurunan ke nilai 532 MPa namun hal ini tidak terjadi pada besar tegangan *minimum* yang terjadi seperti ditunjukkan pada gambar 4.26 pada saat *press* tegangan *minimum* sebesar 0,452 MPa kemudian saat awal rotasi naik menjadi sebesar 0,997 MPa kemudian saat rotasi 1 tegangan *minimum* naik secara signifikan ke angka 4,67 MPa dan saat rotasi 2 tegangan *minimum* menurun menjadi 2,7 MPa Selama proses simulasi tegangan *Von Mises* yang terjadi pada simulasi ada beberapa *step* yang menunjukkan tegangan yang dihasilkan pada simulasi material AISI 1018 ternyata berada diatas nilai UTS material AISI 1018 yang sebesar 637 MPa sedangkan tegangan maksimal yang terjadi berada di angka 651 MPa. Jika sesuai dengan simulasi maka pada saat material di *press* akan muncul *crack* terutama pada titik 7617 atau sekitarnya dikarenakan pada tahap ini nilai tegangan yang dihasilkan pada titik ini sudah melebihi UTS yaitu sebesar 640 MPa yang sesuai dengan gambar 4.25 oleh karena itu material AISI 1018 tidak direkomendasikan untuk digunakan sebagai material



Gambar 4.28 Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat proses *Press*

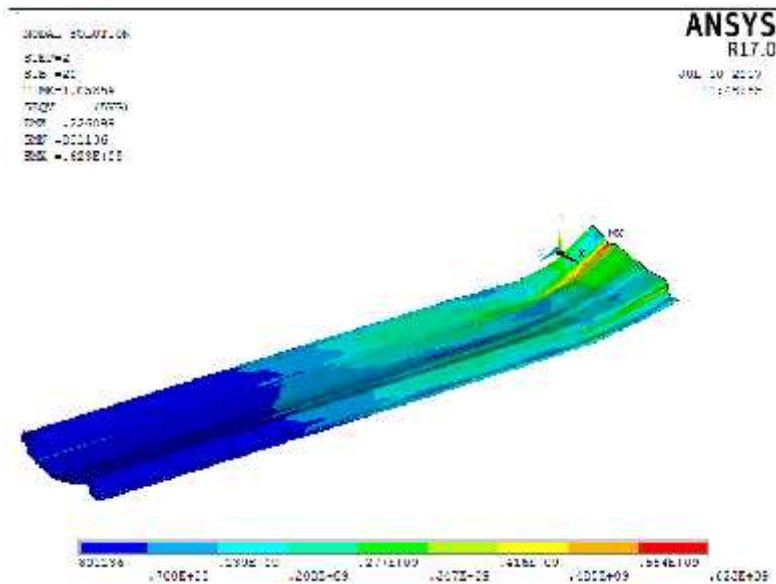
Gambar 4.28 merupakan hasil data tegangan pada material ASTM A299 yang ditunjukkan Gambar 4.27 saat di *press* yang terjadi saat simulasi pada *step* pertama yang disajikan dalam bentuk grafik. Pada akhir proses *press* seluruh bagian rim 6.00 sudah dalam kondisi lurus, dapat dikatakan proses *press* sudah berakhir dan telah mengalami deformasi mengikuti bentuk *mold roller*. Dari grafik terlihat bagaimana persebaran tegangan yang terjadi saat material di tekan. Terlihat bahwa tegangan maksimal sebesar 535 MPa dan tegangan minimal sebesar 0,387 MPa dari *range* tegangan terlihat bahwa tegangan tidak terdistribusi dengan baik karena terlalu jauh nya *range* antara tegangan maksimal dan tegangan minimal sehingga mengindikasikan adanya tegangan yang terkonsentrasi pada satu titik terpusat pada daerah seperti yang terlihat pada Gambar 4.27

Jika melihat pada Gambar 4.27 daerah konsentrasi tegangan terjadi di daerah geometri ujung berbentuk *fillet* hal ini



BAB IV ANALISIS DATA

dikarenakan pada daerah tersebut terjadi deformasi yang paling besar yaitu saat *profile* berbentuk fillet kemudian saat di *press* harus mengikuti bentuk roll hingga lurus dan jika berdasarkan teoritis adanya *fillet* menjadi salah satu penyebab terjadinya konsentrasi tegangan karena transfer tegangan menjadi tidak merata diakibatkan oleh perubahan arah rambat tegangan. Perubahan arah rambat tegangan tersebutlah yang menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan.













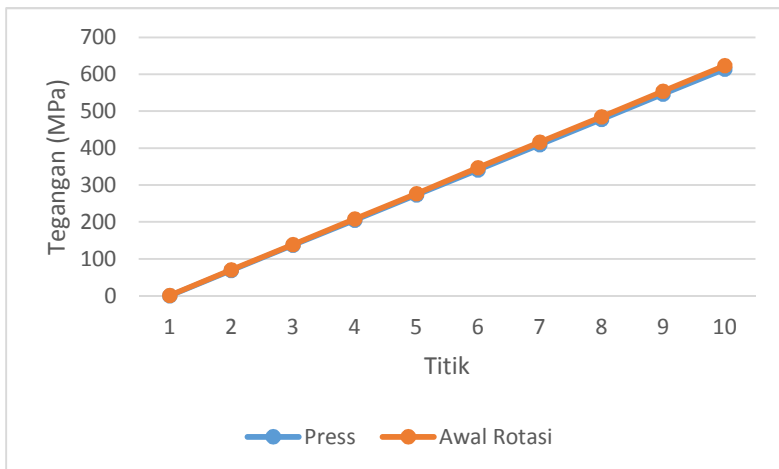
Gambar 4.28 Material ASTM A299 saat Awal Rotasi



BAB IV ANALISIS DATA

Tabel 4.12 Tegangan pada ASTM A299 saat *Press* dan Awal Rotasi

Titik	Keterangan warna	Tegangan saat Press (MPa)	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)
1		0,35287	0,801136
2		68,5	70
3		137	139
4		205	208
5		273	277
6		341	347
7		409	416
8		478	485
9		546	554
10		614	623

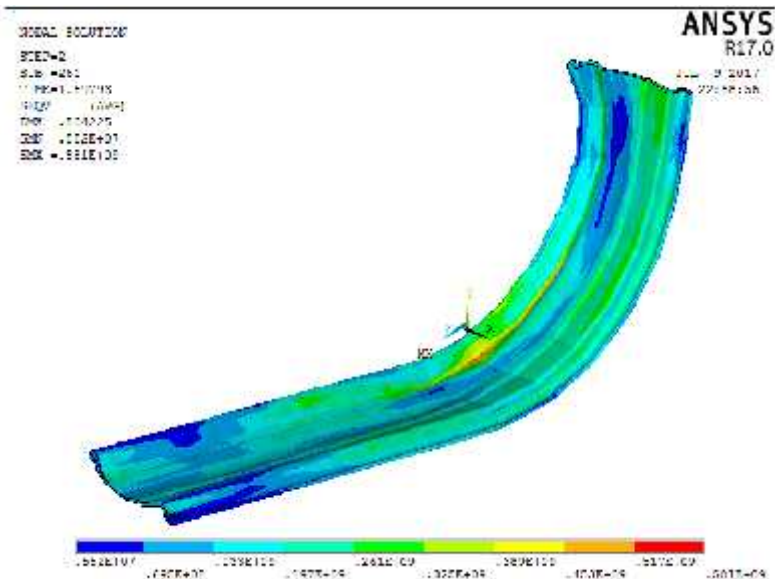


Gambar 4.29 Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat *Press* dan Awal Rotasi

BAB IV ANALISIS DATA

Gambar 4.28 menunjukkan persebaran tegangan yang terjadi saat material ASTM A299 pada awal rotasi Tabel 4.12 dan Gambar 4.29 menunjukkan perbandingan grafik tegangan yang terjadi saat *step press* dan pada saat awal *rotasi* dan dari Grafik terlihat bagaimana tegangan yang terjadi pada material ATSM A299 saat awal *rotasi* dimana terlihat bahwa tegangan maksimal yang terjadi sebesar 623 MPa dan tergangsan minimal sebesar 0,801 MPa.

Dari Grafik 4.29 perbandingan diatas terlihat bahwa tren nilai tegangan yang terjadi yang ditunjukkan oleh simulasi pada awal rotasi meningkat jika dibandingkan pada saat proses *press* dengan rata – rata kenaikan sebesar 4,79 MPa adanya tren kenaikan tegangan pada material ini disebabkan adanya *displacement* baru yaitu perputaran rol serta belum baik nya pendistribusian tegangan yang terjadi akibat masih sebagian kecil dari material yang telah terdeformasi.













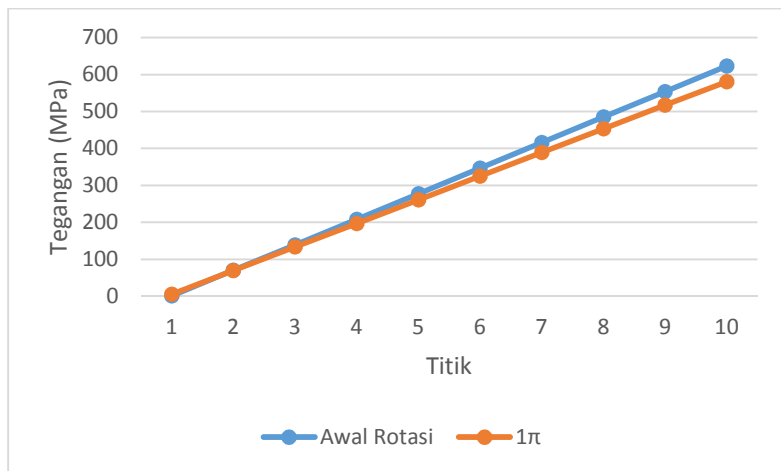
Gambar 4.30 Material ASTM A299 saat Rotasi 1



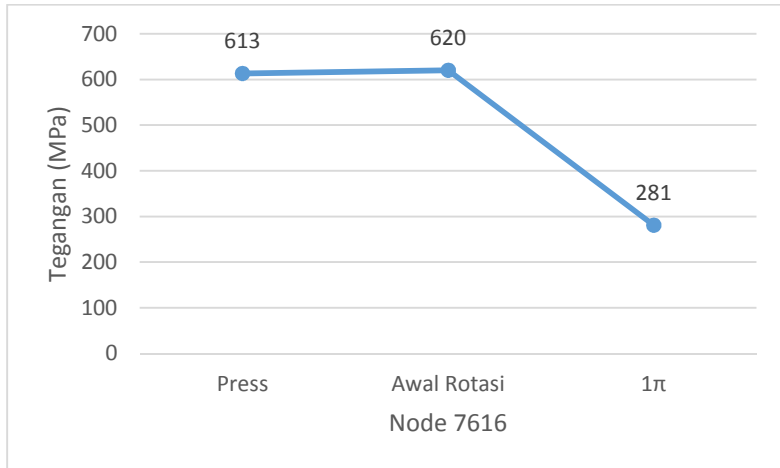
BAB IV ANALISIS DATA

Tabel 4.13 Tegangan ASTM A299 saat Awal Rotasi dan 1

Titik	Keterangan warna	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)	Tegangan saat Rotasi 1 (MPa)
1		0,801136	5,52
2		70	69,5
3		139	133
4		208	197
5		277	261
6		347	325
7		416	389
8		485	453
9		554	517
10		623	581



Gambar 4.31 Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat Awal Rotasi dan 1



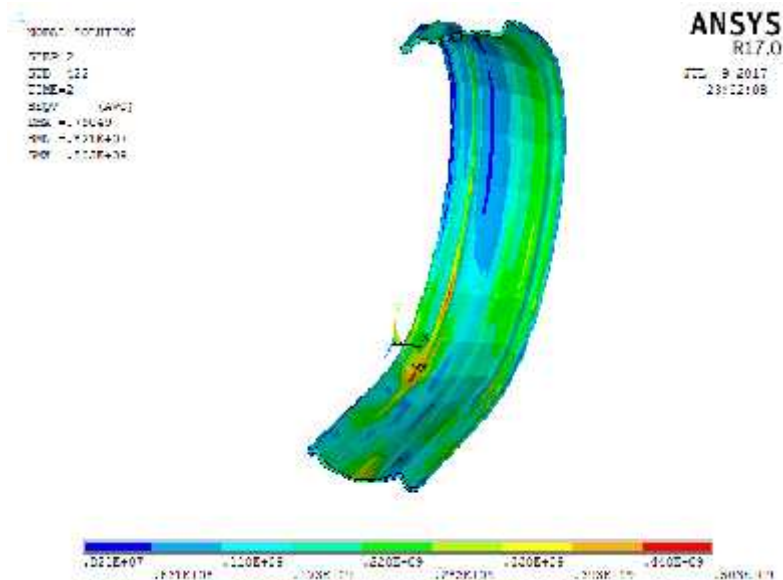
Gambar 4.32 Grafik Tegangan Material ASTM A299 pada *Node* 7616

Gambar 30 menunjukkan tegangan pada material ASTM A299 saat rotasi setengah lingkaran Tabel 4.13 dan Gambar 4.31 menunjukkan perbandingan tegangan yang terjadi saat awal pengerolan dan saat rol telah berputar 1 dalam bentuk grafik bagaimana tegangan yang terjadi pada material ASTM A299 saat telah mengalami perputaran 1 tegangan maksimum yang terjadi sebesar 581 MPa tegangan ini lebih kecil 42 MPa jika dibandingkan dengan tegangan maksimum yang terjadi pada saat awal rotasi yang sebesar 623 MPa dan juga terlihat dari grafik bahwa tren nilai tegangan yang terjadi menurun jika dibandingkan pada awal rotasi namun bisa dilihat bahwa nilai tegangan minimum yang terjadi naik menjadi 5,52 MPa hal ini menandakan bahwa pendistribusian tegangan yang terjadi pada proses ini lebih baik jika dibandingkan saat proses *press* dan awal rotasi berlangsung. Hal ini diakibatkan karena pada rotasi 1 ini sudah semakin banyak daerah yang mengalami deformasi plastis.



BAB IV ANALISIS DATA

Pada *step* ini konsentrasi tegangan yang terjadi pada material mengalami perubahan yang awalnya berada di ujung material berpindah ke posisi tengah hal ini dibuktikan juga oleh Gambar 4.32 yang menunjukkan perubahan tegangan pada *node* 7617 yang pada *press* dan awal rotasi merupakan salah satu titik yang mendapatkan tegangan maksimal namun pada rotasi 1 tegangan yang didapatkan berkurang menjadi 281 MPa ini membuktikan bahwa konsentrasi tegangan yang terjadi pada ujung material telah hilang hal ini dikarenakan ujung material telah lepas dari tekanan rol atas dan konsentrasi tegangan berpindah pada tengah material hal ini menunjukkan adanya pelepasan tegangan (*stress release*) saat material telah lepas dari *press*. Posisi baru dimana konsentrasi tegangan baru terbentuk tersebut adalah posisi saat material di tekan oleh rol atas dan mengalami awal deformasi.













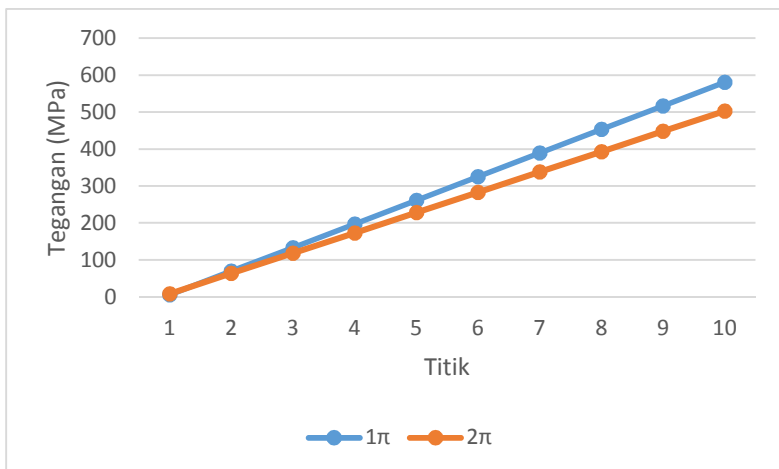
Gambar 4.33 Material ASTM A299 saat Rotasi 2

BAB IV ANALISIS DATA



Tabel 4.14 Tegangan ASTM A299 saat Rotasi 1 dan 2

Titik	Keterangan warna	Tegangan saat 1 (MPa)	Tegangan saat 2 (MPa)
1		5,52	8,21
2		69,5	63,1
3		133	118
4		197	173
5		261	228
6		325	283
7		389	338
8		453	393
9		517	448
10		581	503



Gambar 4.34 Grafik Tegangan Material ASTM A299 saat Rotasi 1 dan 2



BAB IV ANALISIS DATA

Gambar 4.33 menunjukkan tegangan pada material ASTM A299 saat satu putaran Tabel 4.14 dan Gambar 4.23 menunjukkan nilai serta perbandingan nilai tegangan yang muncul pada saat proses 2 (satu putaran) proses ini merupakan kelanjutan dari proses rotasi 1. Terlihat dari grafik dan tabel bahwa nilai tegangan maksimal yang terjadi pada saat rotasi satu putaran berkurang menjadi 503 MPa. Tegangan berkurang sebesar 78 MPa dibandingkan dengan besar tegangan saat 1 yang sebesar 581 MPa dan jika dilihat pada tegangan lain yang terjadi mengalami tren penurunan, namun untuk tegangan *minimum* yang terjadi mengalami kenaikan menjadi 8,21 MPa dari 5,52 MPa hal ini berbeda dengan hasil tegangan pada material AISI 1018 yang mengalami penurunan pada tegangan minimalnya tapi sama dengan SS400 yang juga mengalami kenaikan. Jika melihat dari tren tegangan yang terjadi pada rotasi 2 ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan yang terjadi pada saat rotasi satu putaran lebih baik daripada saat setengah putaran (0,5v) hal ini dikarenakan semakin merata nya tegangan yang distribusikan pada setiap luas, karena semakin baik distribusi tegangan yang terjadi pada suatu material akan mencegah timbulnya suatu *crack* pada titik tertentu akibat konsentrasi tegangan.

Tegangan yang terjadi pada material ASTM A299 saat telah mengalami satu putaran penuh dimana terlihat bahwa konsentrasi tegangan yang awalnya di ujung material seperti Gambar 4.33 telah berpindah yang membuktikan adanya *stress release* setelah material lepas dari *press* seperti terlihat pada gambar 4.33 berpindah kebelakang menuju posisi 3/4 panjang material hal ini dikarenakan setengah material telah lepas dari rol atas yang pada rotasi 1 timbul konsentrasi tegangan dan konsentrasi berpindah pada 3/4 material dimana posisi tersebut adalah posisi saat material di tekan oleh rol atas dan mengalami deformasi ditandai dengan warna merah dengan nilai tegangan maksimal sebesar 503 MPa nilai tegangan maksimal yang terjadi

BAB IV ANALISIS DATA

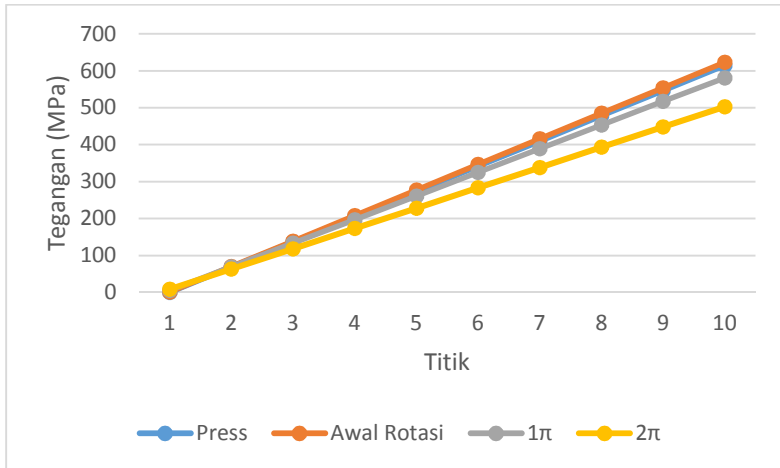


relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai tegangan maksimal yang terjadi pada saat material mengalami rotasi 1 yang sebesar 581 MPa.

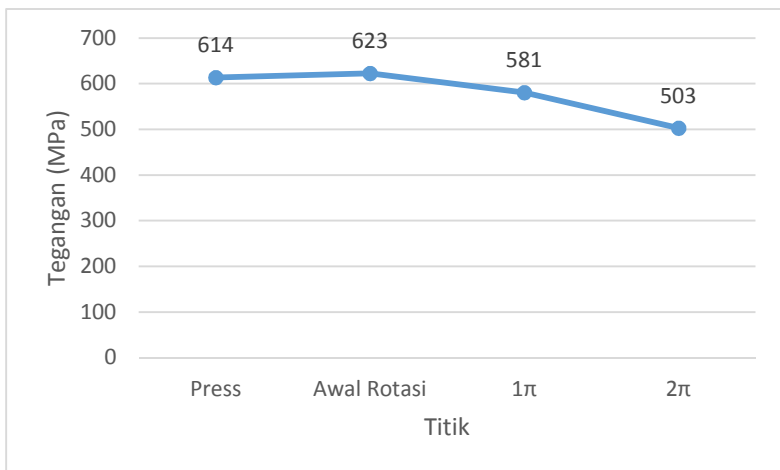
Tabel 4.15 Tegangan ASTM A299 saat Simulasi

No	Tegangan saat <i>Press</i> (MPa)	Tegangan saat Awal Rotasi (MPa)	Tegangan saat Rotasi 1 (MPa)	Tegangan saat Rotasi 2 (MPa)
1	0,35287	0,801136	5,52	8,21
2	68,5	70	69,5	63,1
3	137	139	133	118
4	205	208	197	173
5	273	277	261	228
6	341	347	325	283
7	409	416	389	338
8	478	485	453	393
9	546	554	517	448
10	614	623	581	503

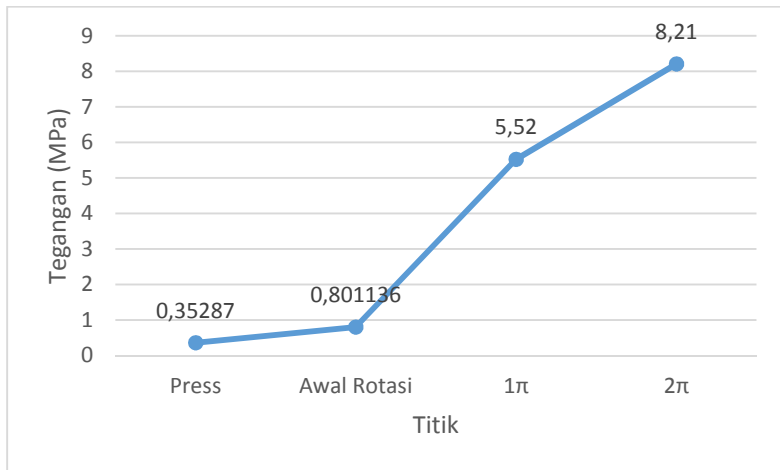
BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.35 Grafik Tegangan pada Material ASTM A299 saat Simulasi



Gambar 4.36 Grafik *Stress Max* ASTM A299 pada Simulasi



Gambar 4.37 Grafik *Stress Minimum* ASTM A299 pada Simulasi

Gambar 4.35 dan Tabel 4.15 menunjukkan bagaimana tren tegangan yang terjadi pada saat simulasi pengerolan material ASTM A299 sedangkan gambar 4.36 dan gambar 4.37 menunjukkan grafik tegangan minimal dan maksimal yang terjadi selama simulasi proses pengerolan.

Dari Gambar 4.35 dan Tabel 4.15 terlihat bahwa secara *overall* tren tegangan yang terjadi pada simulasi naik saat proses *press* menuju awal rotasi kemudian turun pada 1 dan turun kembali pada 2 hal ini juga dibuktikan pada gambar 4.36 yang menunjukkan tegangan maksimal tertinggi saat simulasi terjadi pada saat awal rotasi dengan tegangan sebesar 623 MPa dan tegangan maksimal paling kecil terjadi pada saat 2 sebesar 503 MPa.

Pada Gambar 4.36 saat *press* menuju awal rotasi pola tegangan yang terjadi naik yaitu dari 614 MPa menuju 523 MPa namun saat menuju rotasi 1 pola tegangan yang terjadi menurun menuju 581 MPa dan pada saat rotasi 2 kembali mengalami



BAB IV ANALISIS DATA

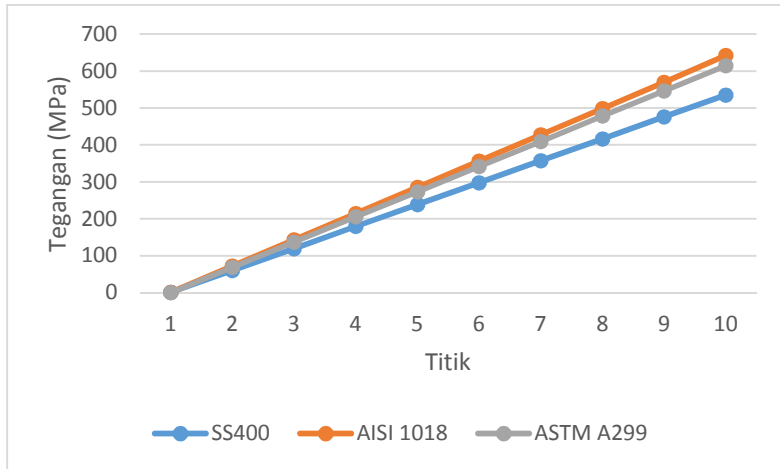
penurunan ke nilai 503 MPa namun hal sebaliknya terjadi pada besar tegangan *minimum* yang terjadi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.37 pada saat proses *press* tegangan *minimum* sebesar 0,352 Mpa kemudian saat awal rotasi naik menjadi sebesar 0,801 MPa kemudian saat rotasi 1 tegangan *minimum* naik secara signifikan ke angka 5,52 MPa dan saat rotasi 2 tegangan *minimum* kembali naik menjadi 8,21 MPa hal ini dapat terjadi disebabkan semakin merata nya persebaran tegangan yang terjadi sehingga dapat me-*reduce* besar tegangan maksimal yang terjadi, semakin baik distribusi tegangan yang terjadi pada material akan semakin baik mencegah *crack* yang timbul akibat konsentrasi tegangan yang terjadi. Selama proses simulasi tegangan *Von Misses* yang terjadi pada simulasi masih dibawah UTS material ASTM A299 yang sebesar 655 MPa sedangkan tegangan maksimal yang terjadi berada di angka 523 MPa sehingga tidak ada indikasi terjadinya *crack* selama proses simulasi.

4.6 Perbandingan Hasil Simulasi

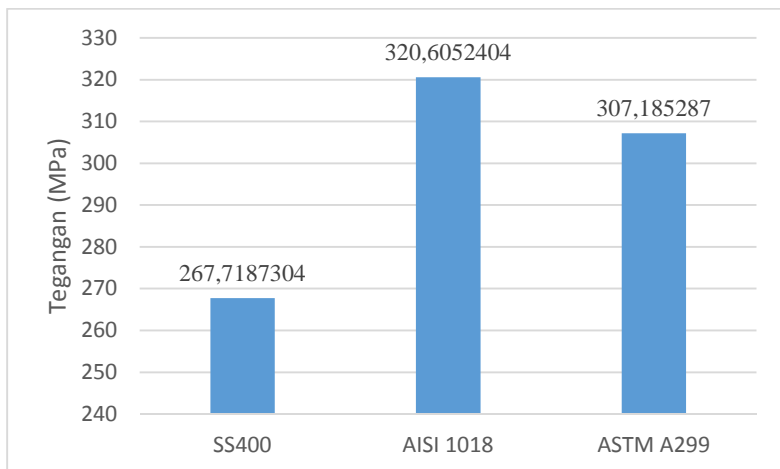
Tabel 4.16 Perbandingan *Stress* pada Material saat *Press*

Titik	Tegangan SS400 (MPa)	Tegangan AISI 1018 (MPa)	Tegangan ASTM A299 (MPa)
1	0,387304	0,452404	0,35287
2	59,8	71,6	68,5
3	119	143	137
4	179	214	205
5	238	285	273
6	297	356	341
7	357	427	409
8	416	498	478
9	476	569	546
10	535	642	614

BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.38 Grafik *Stress* pada Material saat *Press*



Gambar 4.39 Grafik Rata -Rata *Stress* pada Material saat *Press*

Pada Tabel 4.16 dan gambar 4.38 menunjukkan perbandingan tegangan yang dihasilkan simulasi pada material



BAB IV ANALISIS DATA

SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 pada saat proses *press* dan pada Gambar 4.39 menunjukkan nilai rata – rata tegangan material SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 dari Gambar 4.39 terlihat rata-rata tegangan pada AISI 1018 paling besar dengan nilai 320,6 MPa kemudian ASTM A299 307,18 MPa dan SS400 267 Mpa. Kemudian dari hasil Tabel 4.16 dan Gambar 4.38 didapat bahwa tren tegangan yang dihasilkan pada proses *press* oleh material AISI 1018 paling besar jika dibandingkan tegangan yang dihasilkan oleh material SS400 dan ASTM A299 dan tren tegangan yang paling kecil dihasilkan oleh material SS400 jika dibandingkan material AISI 1018 dajn ASTM A299.

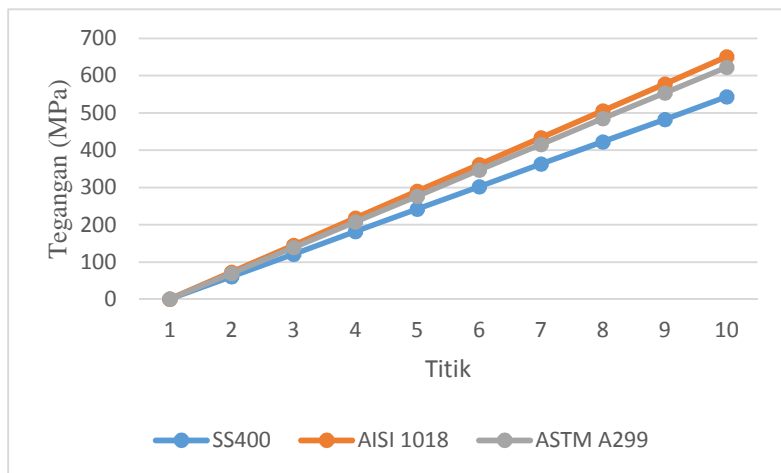
Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa SS400 menghasilkan tren tegangan yang lebih kecil karena sifat mekanik nya lebih ulet dari material AISI 1018 dan ASTM A299 dan material AISI 1018 menghasilkan tren tegangan yang paling besar karena dibandingkan dengan material ASTM A299 dan SS400 material AISI 1018 memiliki kekerasan yang paling tinggi. Hasil ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa material yang memiliki sifat lebih ulet akan menghasilkan tegangan yang lebih kecil.

BAB IV ANALISIS DATA



Tabel 4.17 Perbandingan *Stress* pada Material saat Awal Rotasi

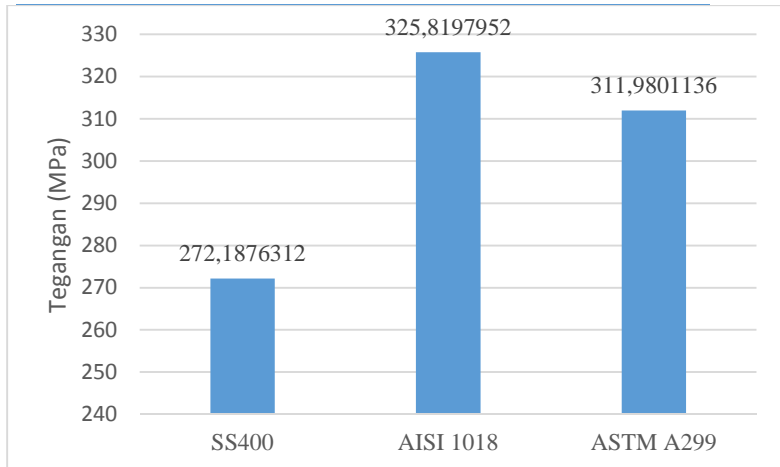
No	SS400	AISI 1018	ASTM A299
1	0,776312	0,997952	0,801136
2	61,1	73,2	70
3	121	145	139
4	182	218	208
5	242	290	277
6	302	362	347
7	363	434	416
8	423	506	485
9	483	578	554
10	544	651	623



Gambar 4.40 Grafik *Stress* pada Material saat Awal Rotasi



BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.41 Grafik Rata – Rata *Stress* pada Material saat Awal Rotasi

Pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.40 menunjukkan perbandingan tegangan yang dihasilkan simulasi pada material SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 pada saat proses awal rotasi, dan pada gambar 4.41 menunjukkan nilai rata – rata tegangan material SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 pada proses awal rotasi dari gambar 4.41 terlihat rata-rata tegangan pada AISI 1018 paling besar dengan nilai 325,82 MPa kemudian ASTM A299 311,98 MPa dan SS400 272,18 Mpa.

Kemudian dari hasil Tabel 4.17 dan 4.0 dapat diketahui bahwa tren tegangan yang dihasilkan pada proses awal rotasi oleh material AISI 1018 paling besar jika dibandingkan tegangan yang dihasilkan oleh material SS400 dan ASTM A299 dan tren tegangan yang paling kecil dihasilkan oleh material SS400 jika dibandingkan material AISI 1018 dan ASTM A299. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa SS400 menghasilkan tren tegangan yang lebih kecil karena sifat mekanik nya lebih ulet dari material AISI 1018 dan ASTM A299 dan material AISI 1018 menghasilkan



BAB IV ANALISIS DATA

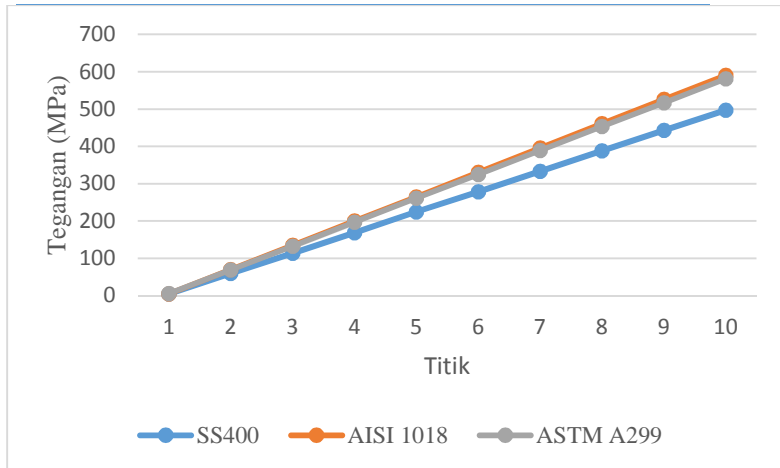
tren tegangan yang paling besar karena jika dibandingkan dengan material ASTM A299 dan SS400 material AISI 1018 memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Hasil ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa material yang memiliki sifat lebih ulet akan menghasilkan tegangan yang lebih kecil.

Tabel 4.18 Perbandingan *Stress* pada Material saat Rotasi 1

Titik	Tegangan SS400 (MPa)	Tegangan AISI 1018 (MPa)	Tegangan ASTM A299 (MPa)
1	4,79	4,67	5,52
2	59,5	69,8	69,5
3	114	135	133
4	169	200	197
5	224	265	261
6	278	331	325
7	333	396	389
8	388	461	453
9	443	526	517
10	497	591	581



BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.43 Grafik *Stress* pada Material saat Rotasi 1



Gambar 4.44 Grafik Rata – Rata *Stress* pada Material saat Rotasi 1

Pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.43 menunjukkan perbandingan tegangan yang dihasilkan simulasi pada material



BAB IV ANALISIS DATA

SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 pada saat proses telah berlangsung rotasi 1 . dan pada Gambar 4.44 menunjukkan nilai rata – rata tegangan material SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 dari Gambar 4.44 terlihat rata-rata tegangan pada AISI 1018 paling besar dengan nilai 297,9 MPa kemudian ASTM A299 293,1 MPa dan SS400 251 Mpa. Dari data Gambar 4.44 didukung oleh hasil Tabel 4.18 dan Gambar 4.43 Dari hasil tersebut didapat bahwa tren tegangan yang dihasilkan pada proses rotasi 1 oleh material AISI 1018 paling besar jika dibandingkan tegangan yang dihasilkan oleh material SS400 dan ASTM A299 dan tren tegangan yang paling kecil dihasilkan oleh material SS400 jika dibandingkan material AISI 1018 dajn ASTM A299.

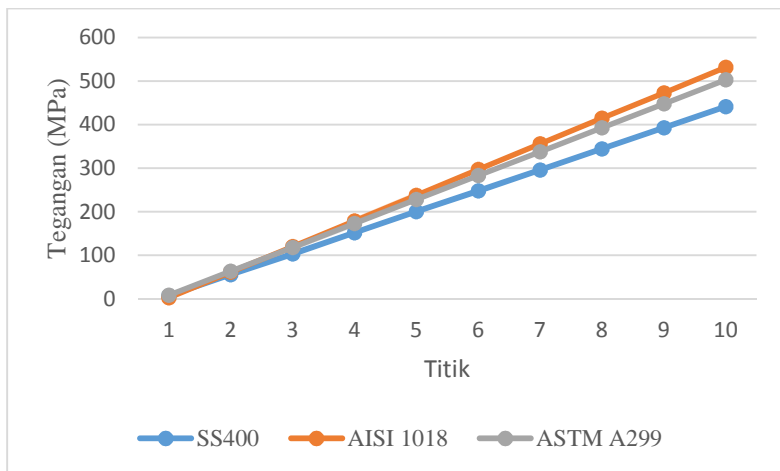
Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa SS400 menghasilkan tren tegangan yang lebih kecil karena sifat mekanik nya lebih ulet dari material AISI 1018 dan ASTM A299 dan material AISI 1018 menghasilkan tren tegangan yang paling besar karena jika dibandingkan dengan material ASTM A299 dan SS400 material AISI 1018 memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Hasil ini sesuai dengan teori yang mengatakan bahwa material yang memiliki sifat lebih ulet akan menghasilkan tegangan yang lebih kecil.

Tabel 4.19 Perbandingan *Stress* pada Material saat Rotasi 2



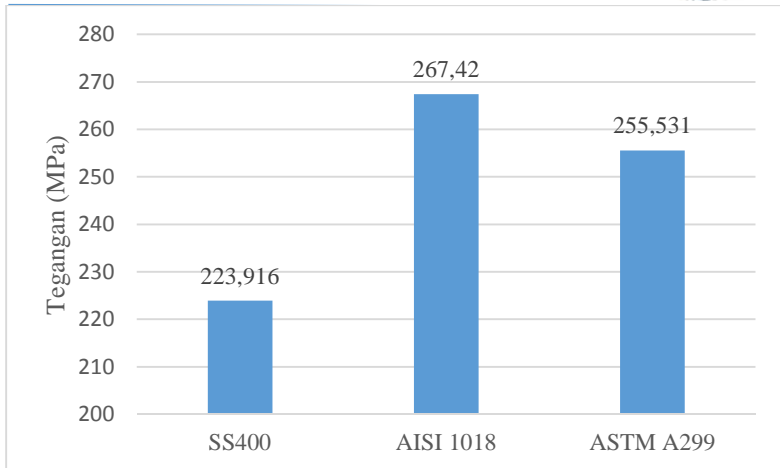
BAB IV ANALISIS DATA

Titik	Tegangan SS400 (MPa)	Tegangan AISI 1018 (MPa)	Tegangan ASTM A299 (MPa)
1	6,96	2,7	8,21
2	55,2	61,5	63,1
3	103	120	118
4	152	179	173
5	200	238	228
6	248	297	283
7	296	356	338
8	344	415	393
9	393	473	448
10	441	532	503



Gambar 4.45 Grafik *Stress* pada Material saat Rotasi 2

BAB IV ANALISIS DATA



Gambar 4.46 Grafik Rata – Rata *Stress* pada Material saat Rotasi 2

Pada Tabel 4.19 dan Gambar 4.45 menunjukkan perbandingan tegangan yang dihasilkan simulasi pada material SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 pada saat proses telah berlangsung rotasi 1 . dan pada Gambar 4.46 menunjukkan nilai rata – rata tegangan material SS400, AISI 1018 dan ASTM A299 dari Gambar 4.46 terlihat rata-rata tegangan pada AISI 1018 paling besar dengan nilai 267,4 MPa kemudian ASTM A299 255,5 MPa dan SS400 223,9 Mpa. Dari data Gambar 4.46 didukung oleh hasil Tabel 4.16 dan Gambar 4.45 Dari hasil tersebut didapat bahwa tren tegangan yang dihasilkan pada proses rotasi 1 oleh material AISI 1018 paling besar jika dibandingkan tegangan yang dihasilkan oleh material SS400 dan ASTM A299 dan tren tegangan yang paling kecil dihasilkan oleh material SS400 jika dibandingkan material AISI 1018 dan ASTM A299.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa SS400 menghasilkan tren tegangan yang lebih kecil karena sifat mekanik



BAB IV ANALISIS DATA

nya lebih ulet dari material AISI 1018 dan ASTM A299 dan material AISI 1018 menghasilkan tren tegangan yang paling besar karena jika dibandingkan dengan material ASTM A299 dan SS400 material AISI 1018 memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi.

Dari gambar serta tabel yang telah dibahas diatas terlihat bahwa perbandingan tegangan ketiga material tersebut mempunyai tren grafik tegangan yang relatif sama. Material SS400 ditunjukkan menghasilkan tegangan yang paling kecil kemudian diikuti oleh material ASTM A299 dan kemudian Material AISI 1018 hal ini disebabkan karena dari ketiga material ini SS400 memiliki keuletan yang paling tinggi dari material lainnya sehingga menghasilkan tegangan yang lebih kecil. Sehingga dapat disimpulkan hasil dari simulasi ini sesuai dengan teori yang ada.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang diuraikan pada BAB IV, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Besar tegangan *maksimum* yang terjadi selama proses pengerollan adalah sebesar 544 Mpa
2. Baja AISI 1018 tidak dapat digunakan sebagai material rim dalam pengerolan karena adanya indikasi *crack* pada simulasi dan dapat di simpulkan semakin keras sifat mekanik suatu material akan berpengaruh pada semakin besarnya tegangan yang terjadi pada proses pengerolan sehingga semakin tinggi kemungkinan terjadinya *crack*

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui berapa besar tegangan yang terjadi hingga suatu material bisa menjadi rim karena proses pengerollan ini hanya awal pada proses manufaktur sebuah rim.
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai efek tegangan sisa pada proses pengerolan rim terhadap *performance* velg.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Fang,G., Gao, W.R., Zhang, X.D.,2015, “Finite Element Simulation and Experiment Verification of Rolling Forming for the Truck Wheel Rim”, **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing** 16, 7 : 1509-1515.
- Lu,Ping., Zhang,Y.K., Ma, Feng, 2015, “Finite Element Analysis on Multi-Step Rolling Process and Controlling Quality Defect for Steel Wheel Rim”, **Anvances in Mechanical Engineering** 7, 7:1-11.
- Chodavarapu,S., 2004, “Finite Element Analysis And Reliability Study of Multi-Piece Rims, *Thesis*, Graduate School of Kentucky University.
- Raj, M, Udayakumar, A., Selvarajan,S., 2013, “Innovative Concept of Correlating Roll Forming Process with Pressing Simulation by Using Altair HyprerWorks”, **Altair Technology Conference** ;1:1-9.
- Sonmez,F.O.,2009,”Optimal Shape Design of Shoulder Fillet for Plat and Round Bars Under Various Loadings”,**IMechE** 223, C:1741-1753.
- Santos,A.,Guzman,R.,Ramirez,Z.,Cardenas,C.,2016.”Simulation of Stress Concentration Factors in Combined Discontinuities on Flat Plates”, **Workshop on Processing Physic-Chemistry Andvanced**,Conference Series 743(2016)012014, doi : 10.1088/1742-6596/743/1/012014.
- G,Totten.,Howes,M.,Inoue,T.,2002, **Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel**, Ohion : ASM International.
- Callister, W,D., 2007, **The Seveth Edition of Materials Science and Engineering An Introduction**, New York : Jhon Willey & Sons.

- Hao,J.,Luo,Z.,Dong,J.T, Zhang,J.W.,2011, “FEM Simulation and Analysis of Variable Parameters for The Three-Roll Cylindrical Bending of Plate Procee”, **Advanced Materials Research** 160-162: 809-814.
- Hua, M.,Baines,K., Cole, I.M., 1998, “Continous Four-Roll Plate Bending : a Production Process for The Manufacture of Single Seamed Tubes of Large and Medium Diameters”, **International Journal of Machine Tools & Manufacture Design, Research and Aplication** 39, 905-935.
- Hua,M., I.M. Cole., Baines, K. Raou, K.P., 1997, “ A Formulation for Determining The Single-Pass Mechanics of The Continous Four-Roll Thin Plate Bending Process” , **Journal of Materials Processing Technology** 67, 189-194
- Hua,M., Sansome,D.H., Rao, K.P., Baines, K., “Continous Four-Roll Plate Bending Process : Its Bending Mechanism And Influential Parameters”, **Journal of Materials Processing Technology** 45, 181-186.
- Reddy, J.N. 1993, **An Introduction to Finite Element Method**, New York ; McGraw-Hill,Inc.
- P. Meghashyam- et.al “ Design and Analysis of Wheel Rim using CATIA & ANSYS “. **International Journal of Application or Innovation in Engineering Management** ,Volume 2, Issue 8, August 2013
- Liu,Y., 2003 , **Introduction to Finite Element Method**, Cincinnati ; Universtity of Cincinnati

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 20 Februari 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Hang Tuah 8 Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, serta SMA Negeri 7 Surabaya. Setelah lulus dari sekolah menengah, penulis meneruskan pendidikan di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya dan terdaftar dengan NRP 2713100099. Di Departemen Teknik Material dan Metalurgi penulis mengikuti kegiatan seminar, pelatihan dan organisasi. Dalam organisasi penulis pernah menjabat sebagai staf Medfo HMMT FTI – ITS pada kepengurusan 2014/2015. Setelah itu penulis menjabat sebagai Kabiro Biro Informasi Departemen Media dan Informasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) pada tahun kepengurusan 2015/2016. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT Krakatau Steel yang dilaksanakan pada bulan Juli - Agustus.

Tugas akhir yang dikerjakan oleh penulis ini berjudul “Simulasi dan Analisis Tegangan Rim Velg Truk dengan Metode Elemen Hingga”

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail eggy.praisvito@gmail.com.